

2024年05月01日
电力设备及新能源

SDIC

行业深度分析

证券研究报告

核电景气度持续提升，三代四代核电技术打开设备新空间

投资评级 **领先大市-A**
维持评级

目 核电作为一种清洁、低碳的能源选项，在全球能源结构中扮演着重要角色：

随着全球对可持续和低碳能源需求的增长，核电作为一种高效和环境友好的能源选项，已成为国际社会的共识。许多国家通过政策支持和 技术发展，积极推进核电项目，以核电为核心的能源战略旨在减少对化石燃料的依赖，从而降低温室气体排放。

截至 2023 年 12 月 31 日，我国运行核电机组共 55 台（不含中国台湾地区），装机容量为 57.03GW（额定装机容量）。在运机组中，以压水堆为主，其中 52 台为压水堆机组，容量为 55.36GW。截至 2023 年底，我国在建核电机组 26 台，总装机容量 29.75GW。2023 年，我国核准 10 台核电机组。截至 2023 年底，我国在运、在建、已核准待建核电机组共有 93 台，总装机容量 101.44GW。核电审批逐渐加速，2021-2023 年，我国新增核准核电项目 5、10、10 台。华龙一号是我国后续核电发展的主要技术路线，截至 2023 年底，我国在建、已核准待建核电机组 38 台，其中 21 台为我国自主知识产权的华龙一号机组。

目 不断的技术创新提高了核电站的安全性和经济性，四代核电技术逐步落地：

四代核电技术在提高安全性、经济性以及环境保护方面具有明显优势。中国在四代核电技术，尤其是高温气冷堆技术方面，已达到世界领先水平，我国具有完全自主知识产权的国家科技重大专项高温气冷堆核电站示范工程已商业化运行。高温气冷堆技术利用氦气作冷却剂、石墨作慢化剂，并采用全陶瓷包覆颗粒燃料元件，能实现 700-1000°C 的反应堆出口温度。高出口温度支持高效发电和热电联产，更高温度还可用于高温核能热利用，如热分解水制氢，是未来石化领域实现脱碳的路径之一。

目 核能商业化利用稳步推进，核能利用进入新时代：

核电技术的多样化应用正在逐步扩展，从传统的电力生产到更广泛的热能和蒸汽供应等，核电的商业化前景正在明显改善。小型模块化反应堆技术的开发，为核电技术的灵活部署和应急电力供应打开了新的市场。核电站内设备主要分为核岛（主要是核蒸汽供应系统）、常规岛（主要是汽轮发电机组）以及电站配套设施。

目 核电行业快速发展，产业链深度受益：

首选股票 目标价（元） 评级

行业表现



资料来源：Wind 资讯

升幅%	1M	3M	12M
相对收益	-2.5	1.4	-13.2
绝对收益	-0.7	12.4	-23.7

温晨阳 分析师

SAC 执业证书编号：S1450523070006

wency@essence.com.cn

相关报告

能源革命创新驱动，核能商业化应用进入新时代 2024-04-02

核电产业链包括上游原料供应，中游设备和下游建设运营几个环节。上游材料包括核燃料、核材料等，中游设备包括核岛、常规岛和辅助系统的核电设备，下游包括核电站的设计、工程建设、安装调试、核电站运营和核废料处理。核电站工程投资额通常在 200-400 亿，平均单位投资额达到 1.50 万元/kw。工程投资中，工程费用占比约 60%（其中设备购置费占比约 30%），工程其他费用占比约 20%。核电站设备投资中，核岛设备占比约 58%，常规岛设备占比约 22%，BOP 设备占比约 20%。

目 投资建议

推荐核电主泵电机供应商【佳电股份】，建议关注核电阀门供应商【中核科技】、【江苏神通】，核电工业机器人和智能装备供应商【景业智能】，核承压设备制造商【海陆重工】，国内大型能源装备制造制造商【东方电气】。

目 风险提示

核电行业政策发生变动的风险；核电项目建设进度不及预期的风险；核安全事故的风险。

目 录

1. 发展核电已成为全球众多国家的共识	6
1.1. 核能发电原理	6
1.2. 全球核电发展历程	7
1.3. 核电成本低、碳排放低，发展核电已成为全球众多国家的共识	8
1.4. 全球核电发展现状：截止 2022 年底，全球在运核电机组容量 394GW	9
1.5. 国内核电发展现状：截止 2023 年底，我国在运核电机组共 55 台	11
2. 全球核电发展更注重安全性，四代核电走上舞台	15
2.1. 全球核电技术经历了四代发展	15
2.2. 我国核电技术经历引进消化吸收再创新，如今已形成具有完全自主知识产权的技术	15
2.3. 四代技术多路线发展，全球开始研发布局	16
2.4. 我国第四代高温气冷堆核电技术达到世界领先水平	17
2.5. 四代核电安全性高，具备核能综合利用潜力，打开核电发展新空间	18
3. 核能多场景应用，核电商业化进入新时代	20
3.1. 核电成为美国 AI 能源消耗的解决方案，多家企业布局绑定核电电量	20
3.2. 中国高温气冷堆商业化逐步落地，供热供汽正在实践	20
3.3. 小型模块化核反应堆“玲龙一号”示范工程持续推进，核能综合利用未来可期	21
4. 核电设备投资额大，设备环节有望迎来增长	23
4.1. 核电产业链包括设备制造、电站运营等环节	23
4.2. 核电站内设备复杂，包括核岛、常规岛和配套设备	23
4.3. 核电项目投资额大，设备价值量占比高	24
4.4. 核电主要设备已实现国产化	27
5. 相关关注公司	30
5.1. 佳电股份：国内特种电机龙头企业，核电主泵供应商之一	30
5.2. 中核科技：深耕核电阀门行业，助力核电阀门国产替代	30
5.3. 江苏神通：国内特种阀门骨干企业，产品业务持续拓展	31
5.4. 景业智能：核心产品行业领先，专注核工业智能制造技术应用	32
5.5. 海陆重工：国内余热锅炉领域领先企业，核电、节能环保业务持续拓展	33
5.6. 东方电气：能源装备龙头企业，核电装备制造国产化领域能力出色	34
6. 投资建议	36
7. 风险提示	36

目 录

图 1. 核裂变反应过程	6
图 2. 核聚变反应过程	6
图 3. 核反应过程系统示意图	6
图 4. 全球核能发展历程	7
图 5. 不同发电方式全生命周期单位发电量碳排放量	8
图 6. 不同发电方式平准化度电成本（折现率 7%）	8
图 7. 核电发电可运行容量	9
图 8. 核电发电量	10
图 9. 中国发电装机量（万千瓦）	11
图 10. 中国各类型机组发电量（亿千瓦时）	11
图 11. 2023 年中国在运核电机组堆型数量分布	11

图 12. 2023 年中国在运核电机组堆型装机容量分布 (单位: MW)	11
图 13. 中国在运核电机组型号分布 (横轴为项目核准时间)	12
图 14. 截至 2023 年我国在运核电机组运营商竞争格局	12
图 15. 中国新增发电装机 (万千瓦)	13
图 16. 中国新增核电装机 (万千瓦)	13
图 17. 我国各省份在运在建核电机组情况 (截至 2023 年 12 月 31 日, 单位: 万千瓦)	13
图 18. 我国历年新增核准的核电项目数量	14
图 19. 截至 2023 年我国在建、已核准待建的核电机组技术路线数量分布	14
图 20. 四代核电机组发展历程	15
图 21. 中国核电工业发展历程 (横轴为项目核准时间)	16
图 22. 山东荣成石岛湾高温气冷堆核电站	17
图 23. 高温气冷堆球形燃料	18
图 24. 模块式高温气冷堆的一个反应堆模块	18
图 25. 不同核反应堆及应用的温度范围	19
图 26. 位于宾夕法尼亚州的核电站及数据中心	20
图 27. 核能供热基本原理示意图	21
图 28. “玲龙一号”反应堆核心模块——“玲龙之心”顺利就位	22
图 29. 核电站常规岛示意图	23
图 30. 采用华龙一号技术的福清核电 5、6 号机组	23
图 31. 核电站系统示意图	23
图 32. 核反应堆一回路热量循环示意图	24
图 33. 压水堆核电站反应堆	24
图 34. 核电站常规岛示意图	24
图 35. 国内典型三代核电建设价 (亿元)	25
图 36. 国内典型三代核电建设价构成	25
图 37. 核电站设备投资额占比	25
图 38. 核电站核岛设备投资额占比	27
图 39. 核电站常规岛设备投资额占比	27
图 40. 中核项目 CNP/M310(改)综合国产化率	28
图 41. 中广核 CPR1000 项目综合国产化率	28
图 42. 完成穹顶吊装的福清核电 5 号机组	28
图 43. 2018-2022 年国内核电主设备交付量	29
图 44. 佳电股份营业收入及增速 (亿元)	30
图 45. 佳电股份归母净利润及增速 (亿元)	30
图 46. 中核科技营业收入及增速 (亿元)	31
图 47. 中核科技归母净利润及增速 (亿元)	31
图 48. 中核科技营业收入构成 (亿元)	31
图 49. 中核科技分业务毛利率	31
图 50. 江苏神通营业收入及增速 (亿元)	32
图 51. 江苏神通归母净利润及增速 (亿元)	32
图 52. 江苏神通营业收入构成 (亿元)	32
图 53. 江苏神通分业务毛利率	32
图 54. 景业智能营业收入及增速 (亿元)	33
图 55. 景业智能归母净利润及增速 (亿元)	33
图 56. 景业智能营业收入构成 (亿元)	33



图 57. 景业智能分业务毛利率	33
图 58. 海陆重工营业收入及增速 (亿元)	34
图 59. 海陆重工归母净利润及增速 (亿元)	34
图 60. 海陆重工营业收入构成 (亿元)	34
图 61. 海陆重工分业务毛利率	34
图 62. 东方电气营业收入及增速 (亿元)	35
图 63. 东方电气归母净利润及增速 (亿元)	35
图 64. 东方电气营业收入构成 (亿元)	35
图 65. 东方电气分业务毛利率	35
表 1: 全球主要国家核电发展规划	9
表 2: 2022 年底可运行核电反应堆	10
表 3: 截至 2022 年底在建的核电机组	10
表 4: 第四代核能技术路线分类	17
表 5: 国内部分核电项目建设投资	24
表 6: 2022 年国内核电主设备出产情况	29

1. 发展核电已成为全球众多国家的共识

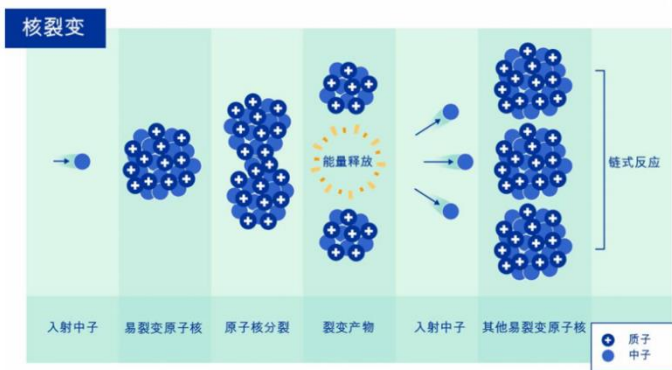
1.1. 核能发电原理

核能也称原子能，是原子核结构发生变化时释放出来的巨大能量，包括裂变能和聚变能两种主要形式。核裂变和核聚变都是原子核层面上的反应，涉及到原子核的变化和能量的释放。核裂变是分裂过程，核聚变是合并过程，两者都能释放出巨大的能量，核裂变目前被用于核电站和核武器，而核聚变则是未来能源的希望。

核裂变是一种重原子核分裂成两个较轻原子核的过程。在这个过程中，一个大质量的原子核，如铀或钚，吸收一个中子，变成一个非常不稳定的复合核。这个复合核会因其内部的不稳定性而分裂成两个较小的原子核，同时释放出更多的中子和大量的能量。这些新释放的中子可以继续引发更多的核裂变，形成一个连锁反应。核裂变不仅释放了巨大的能量，而且还产生了放射性的裂变产物。

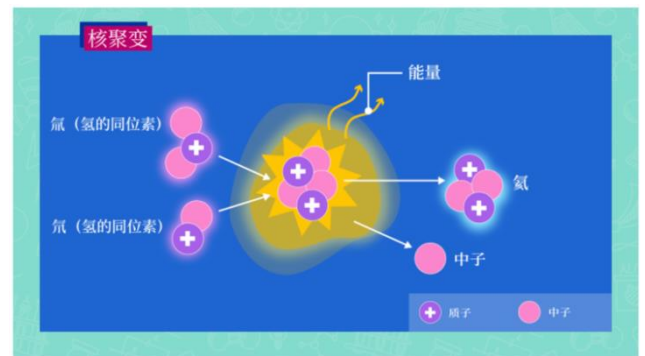
核聚变是两个轻原子核合并成一个重原子核的过程。通常发生在极高温度和压力下，使得原子核中的电子脱离束缚，原子核之间的相互吸引力使它们碰撞并结合。例如，氢的同位素氘和氚在高温高压下可以聚合成氦原子核，并在这个过程中释放出巨大的能量。如何安全地利用核聚变作为能源是当前科学界最关注的话题，因为它有潜力提供几乎无限的清洁能源。

图1. 核裂变反应过程



资料来源：IAEA，国投证券研究中心

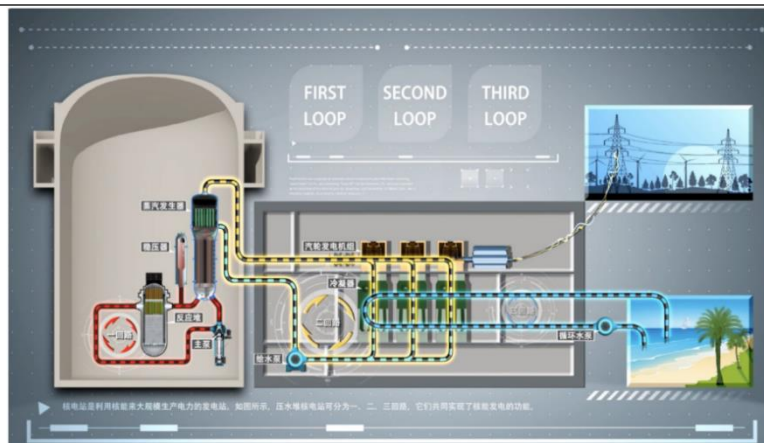
图2. 核聚变反应过程



资料来源：IAEA，国投证券研究中心

核电站主要通过核裂变过程释放的能量来发电。以压水堆核电站为例，在核反应堆中，核燃料如铀经过裂变反应，产生大量的热能。这些热能首先用于加热闭合的一回路系统中的高压水。加热后的水不直接变为蒸汽，而是通过蒸汽发生器传递热量给二回路系统的水，使其变为蒸汽。随后，高压蒸汽被引导至汽轮机，推动轮机转动，从而带动发电机产生电力。这里的能量转化过程涉及核能转为热能，热能转为机械能，最终转化为电能。

图3. 核反应过程系统示意图



资料来源：国家能源局，国投证券研究中心

1.2. 全球核电发展历程

核能的发展历史始于科学研究，1789年马丁·克拉普罗特发现了铀，1895年威廉·伦琴发现了电离辐射。随后，居里夫妇在1898年发现了放射性元素钋和镭。到了20世纪30年代，詹姆斯·查德威克发现了中子，开启了人类利用核反应的可能性。1938年，奥托·哈恩和弗里茨·施特拉斯曼通过实验发现了核裂变现象，这一发现为后来的原子弹和核反应堆的开发奠定了基础。

对核能的利用起始于核武器，随后开始核能的和平利用，路线包括核能发电和核潜艇。二战期间，美国、英国和加拿大合作开发了原子弹，并在1945年成功测试了第一枚原子弹。战后，人们开始关注核能的和平利用，1951年12月，美国在爱达荷州的EBR-1（实验性反应堆一号）已开始运行，标志着反应堆首次产生电力。1954年苏联在奥布宁斯克建成了世界上第一个核电站，AM-1反应堆采用水冷和石墨慢化，设计容量为30MWt或5Mwe，是切尔诺贝利核电站的原型。从此，核能开始被用于发电，为世界各地提供清洁能源。1954年，美国启用了第一艘核动力潜艇“鹦鹉螺号”，而苏联也在1959年启用了自己的核动力冰川船。

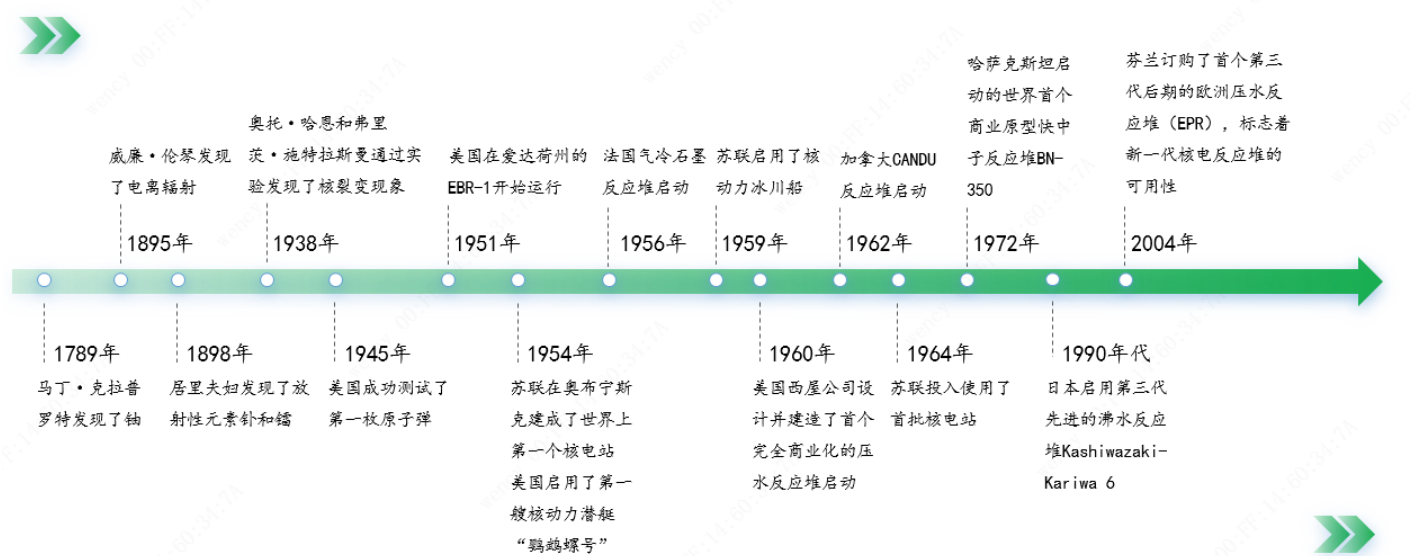
核能的商业化应用起源于20世纪60年代，各国纷纷探索和开发核能技术以满足日益增长的电力需求。(1)美国，西屋公司设计并建造了首个完全商业化的压水反应堆(PWR)，名为Yankee Rowe，该反应堆于1960年启动并运行至1992年。同时，阿贡国家实验室开发了沸水反应堆(BWR)，首个沸水堆Dresden-1由通用电气设计，并于1960年启动。(2)加拿大开发了使用天然铀作为燃料、重水作为慢化剂和冷却剂的CANDU反应堆，首座反应堆于1962年启动。

(3)法国最初采用了与英国Magnox类似的气冷石墨反应堆设计，首座反应堆于1956年启动，随后转向标准化的压水反应堆。(4)苏联在1964年投入使用了首批核电站，其中包括Beloyarsk的100 MW沸水石墨通道反应堆和Novovoronezh的一座新型小型压水反应堆(VVER)。此外，苏联还开发了大型的RBMK反应堆和快中子反应堆，如1972年在哈萨克斯坦启动的世界首个商业原型快中子反应堆BN-350。

从1970年代末到2002年，核电行业经历了一段衰退和停滞期。新反应堆的订单数量减少，新上线的反应堆数量仅略多于退役的数量。到1990年代末，随着日本启用第三代先进的沸水反应堆Kashiwazaki-Kariwa 6，核能开始复兴。

21世纪初，全球电力需求的增长、能源安全的重要性以及限制碳排放的需求促使核能的前景再次被重视。2004年，芬兰订购了首个第三代后期的欧洲压水反应堆(EPR)，标志着新一代核电反应堆的可用性。中国和印度等国家在核能领域的发展尤为迅速。如今，核能已成为全球电力供应的重要组成部分。

图4. 全球核能发展历程

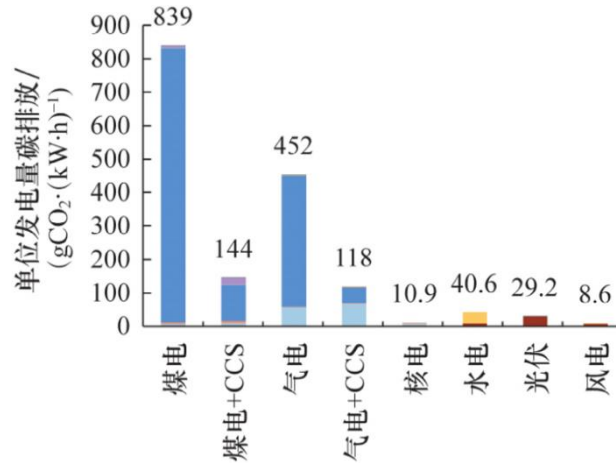


资料来源: World Nuclear Association, 国投证券研究中心

1.3. 核电成本低、碳排放低，发展核电已成为全球众多国家的共识

发展核电是应对全球能源和环境挑战的重要战略之一。随着全球人口增长和经济发展，能源需求急剧上升，而传统化石能源的大量消耗不仅导致资源枯竭风险增加，还严重加剧了环境污染和全球气候变化。核电作为一种清洁、低碳的能源选择，其运行过程中几乎不产生温室气体排放，核电在减少全球二氧化碳排放方面发挥着重要作用。

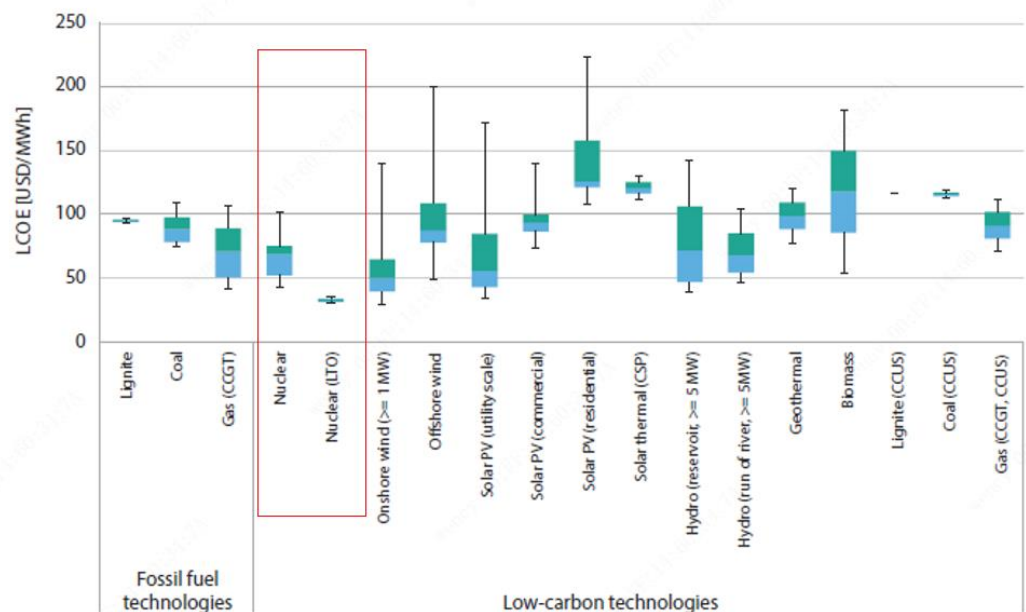
图5. 不同发电方式全生命周期单位发电量碳排放量



资料来源：《中国核电和其他电力技术环境影响综合评价》，国投证券研究中心

核电也是经济性较好的低碳发电方式。根据国际能源署 (IEA) 和经合组织核能署 (OECD-NEA, Nuclear Energy Agency) 联合发布《预计发电成本报告》(2020年版) 的研究，在 7% 的折现率条件下，核电 LCOE (平准化度电成本) \$55-95/MWh，长期运行的核电厂 LCOE 低于 \$40/MWh。相比之下，煤炭最高价格接近 \$100/MWh，天然气约 \$80/MWh，陆上风电 \$40-50/MWh，海上风电 \$80-100/MWh，集中式光伏 \$40-80/MWh。

图6. 不同发电方式平准化度电成本 (折现率 7%)



资料来源：IEA, NEA, 国投证券研究中心

核电具有供电稳定可靠的特点，能够提供连续不断的基负荷电力，为电网稳定运行和新能源的广泛接入提供坚实基础。在全球能源转型和绿色低碳发展的大背景下，发展核电成为了许

多国家实现能源结构优化、推动可持续发展战略的关键选择。在全球范围内，许多国家已将发展核电作为实现能源结构优化和促进绿色低碳发展的关键策略。在 COP28 峰会上，以美西欧主导的 22 个国家联合签署《三倍核能宣言》，宣布到 2050 年将全球核电装机容量由目前的约 4 亿千瓦提高至 12 亿千瓦，届时核能发电量将由目前的不足 10% 提高到 30% 以上。

表1：全球主要国家核电发展规划

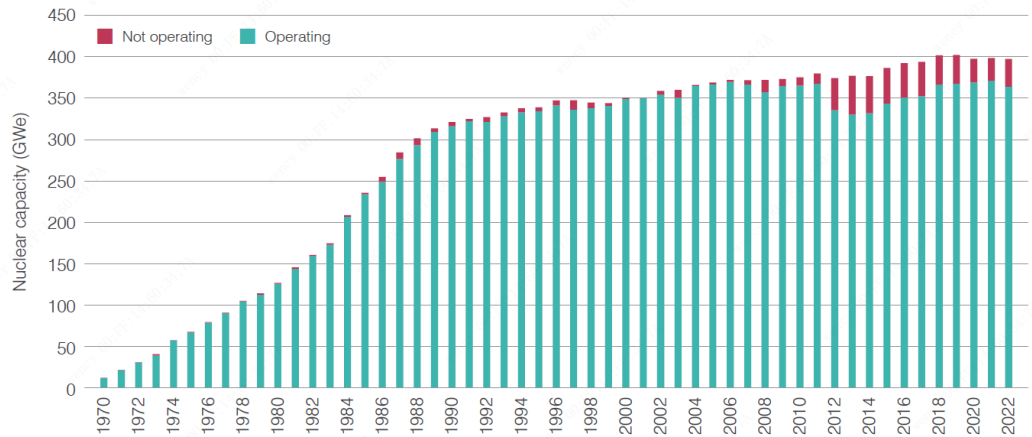
国家	发展规划
美国	发布《先进核能商业腾飞之路》，计划到 2050 年国内核电装机达到 2 亿千瓦，2030 年部署先进反应堆技。
俄罗斯	计划到 2035 年新建 17 台核电机组，除采用 VVER-1200 技术外，还包括 VVER-600 技术，以及钠冷快堆和铅冷快堆技术，计划到 2040 年将电力结构中的核电占比从 19% 提升到 25%。
法国	2023 年 7 月，法国国民议会通过《加速核能发展法案》，以立法的形式重振核电发展，取消到 2035 年核电占比不超过 50% 的上限要求，并简化核电项目行政审批程序。
英国	《能源安全战略》提出到 2050 年核电装机容量达到 2400 万千瓦目标。
日本	2023 年 3 月，日本内阁批准《实现绿色转型基本方针》对核电提出三项规定，一是到 2030 年将核电占比提高至 20%—22%，二是对现有核电机组进行延寿，三是在已有厂址上新建核电机组替代关停的核电机组。
韩国	2023 年，韩国产业通商资源部通过《第十次电力供需基本计划》，提出新建 4 台核电机组，到 2030 年将核电占比提升至 32.4%，核电成为第一大电力来源，到 2036 年核电占比达到 34.6%。
中国	预计到 2025 年，中国核电装机容量将达到 7000 万千瓦；2035 年有望达到 1.5 亿千瓦，核能发电量在全国总发电量中的占比达到 10% 左右。

资料来源：中核战略规划研究总院，国投证券研究中心

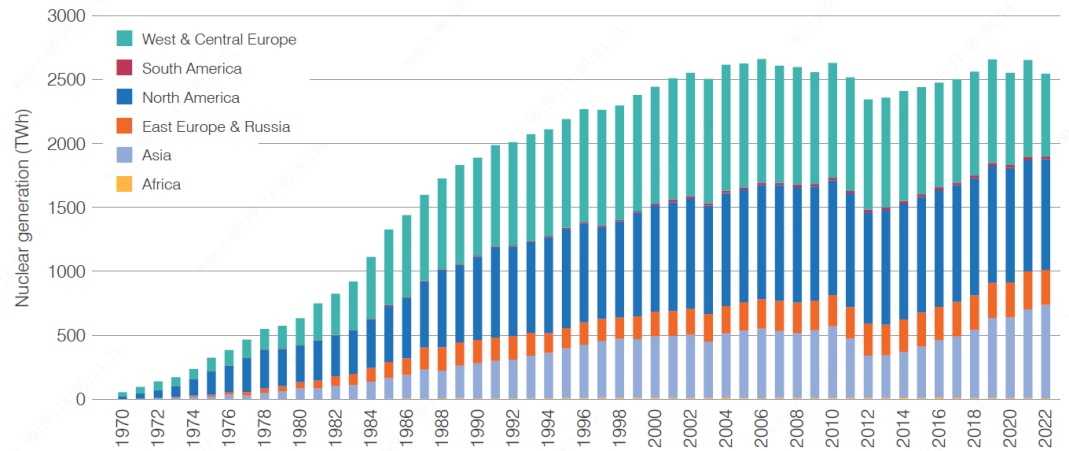
1.4. 全球核电发展现状：截止 2022 年底，全球在运核电机组容量 394GW

根据 IAEA 和 World Nuclear Association 的统计，2022 年底，全球在运核电机组容量 394GWe，2022 年在运发电的核电机组容量为 363GWe，部分可运行的机组会不发电，近年来日本受到福岛核事故影响，部分机组在等待重启。

2022 年，全球核电发电量 2545TWh，较 2021 年 2653TWh 下降 108TWh。

图7. 核电发电可运行容量


资料来源：World Nuclear Association, IAEA PRIS, 国投证券研究中心

图8. 核电发电量


资料来源: World Nuclear Association, IAEA PRIS, 国投证券研究中心

压水堆是目前主要的核电堆型。截至 2022 年底,可运行反应堆总数为 437 座。超过 70%的可运行反应堆是压水反应堆 (PWR),在 2018 年至 2022 年期间启动的 36 座反应堆中,除了 2 座外,其他都是压水堆。

表2: 2022 年底可运行核电反应堆

	非洲	亚洲	东欧和俄罗斯	北美	南美	中西欧	合计
沸水堆		20		33		8	61
快中子堆			2				2
气冷堆						8	8
高温气冷堆		1					1
石墨水冷堆			11				11
重水堆		23		19	3	2	47
压水堆	2	104	40	61	2	98	307
合计	2	148	53	113	5	116	437

资料来源: World Nuclear Association, IAEA PRIS, 国投证券研究中心

截止 2022 年底,全球在建核电机组 60 台,其中中国 22 台,印度 8 台。在建机组的技术路线依然以压水堆为主。

表3: 截至 2022 年底在建的核电机组

国家	沸水堆	快中子堆	重水堆	压水堆	合计
阿根廷				1	1
孟加拉国				2	2
白俄罗斯				1	1
巴西				1	1
中国		2		20	22
埃及				2	2
法国				1	1
印度		1	3	4	8
伊朗				1	1
日本	2				2
俄罗斯		1		2	3
斯洛伐克				2	2
韩国				3	3
土耳其				4	4
乌克兰				2	2
阿拉伯联合酋长国				1	1

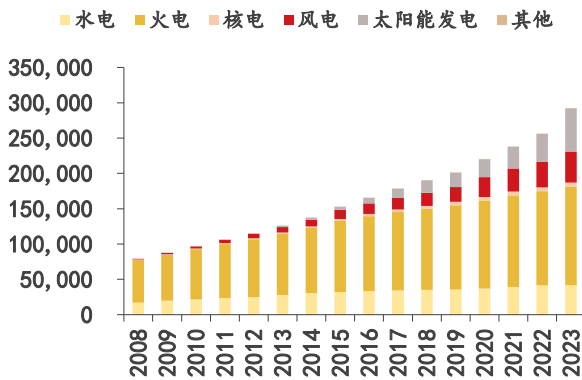
英国				2	2
美国				2	2
合计	2	4	3	51	60

资料来源: World Nuclear Association, IAEA PRIS, 国投证券研究中心

1.5. 国内核电发展现状: 截止 2023 年底, 我国在运核电机组共 55 台

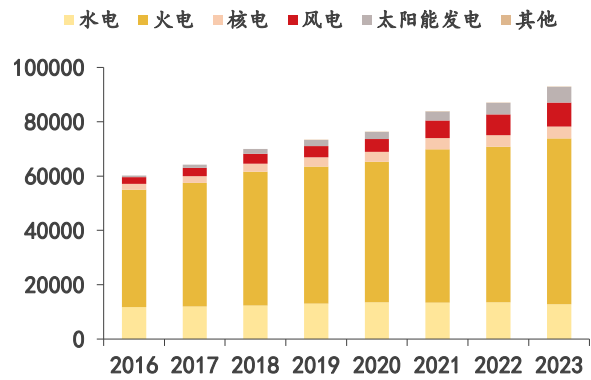
根据中国核能行业协会统计, 截至 2023 年 12 月 31 日, 我国运行核电机组共 55 台 (不含中国台湾地区), 装机容量为 57.03GW (额定装机容量)。2023 年 1-12 月, 全国累计发电量为 92888 万千瓦时, 运行核电机组累计发电量为 4341 万千瓦时, 占全国累计发电量的 4.67%, 核电设备利用小时数为 7670 小时。

图9. 中国发电装机容量 (万千瓦)



资料来源: 中电联, 国投证券研究中心

图10. 中国各类型机组发电量 (亿千瓦时)

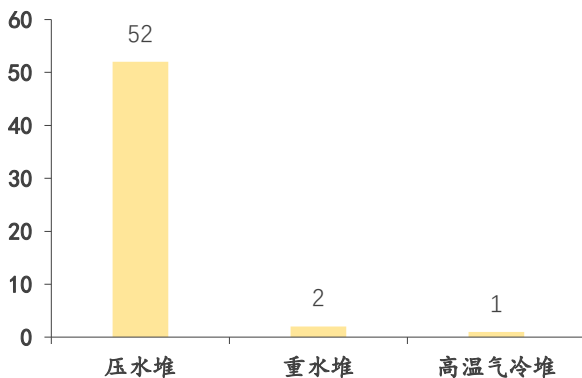


资料来源: 中电联, 国投证券研究中心

截至 2023 年底, 我国在运 55 台机组, 其中 52 台为压水堆机组, 容量为 55.36GW, 2 台重水堆机组, 容量为 1.46GW, 1 台高温气冷堆机组, 容量为 0.2GW。

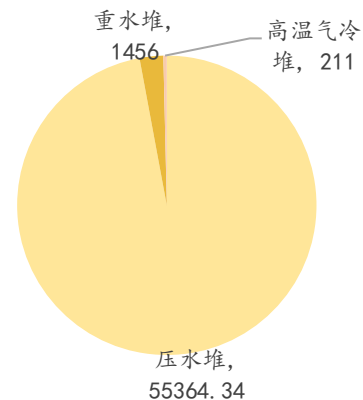
分机组型号看, 我国引进的机组共 16 台, 其中 AP1000 在运 4 台, EPR 在运 2 台, M310 在运 4 台, VVER 在运 4 台, 重水堆机组 2 台。在运机组中, 秦山核电站 1 台 CNP300, 4 台 CNP600, 16 台 CPR1000, 4 台 ACPR1000, 8 台 M310 改进型机组和 3 台华龙一号。

图11. 2023 年中国在运核电机组堆型数量分布



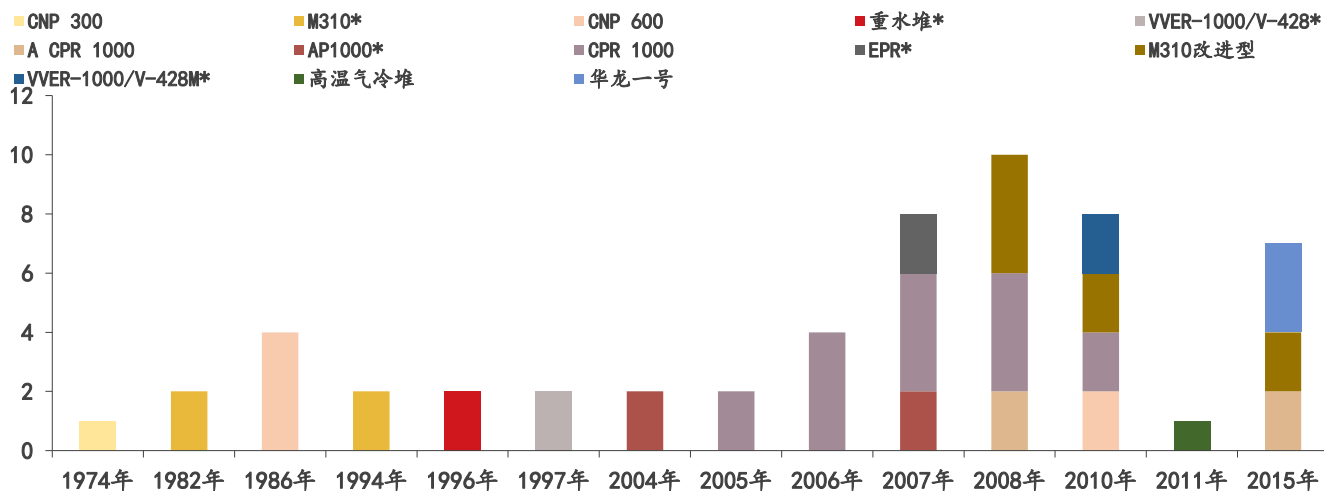
资料来源: 中核战略规划研究总院, 国投证券研究中心测算

图12. 2023 年中国在运核电机组堆型装机容量分布 (单位: MW)



资料来源: 中核战略规划研究总院, 国投证券研究中心测算

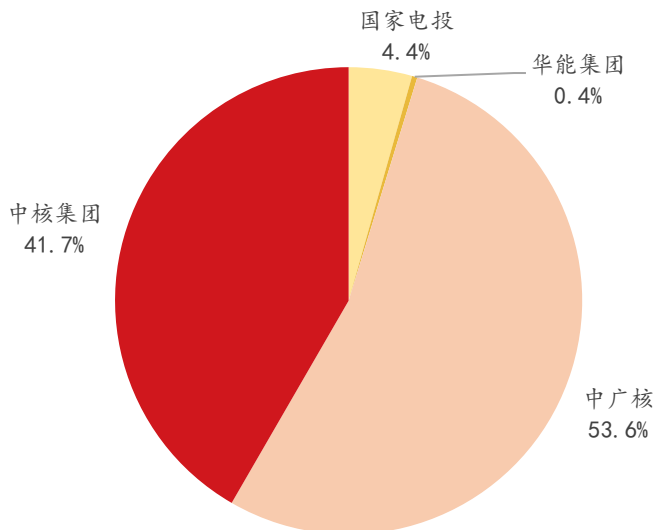
图13. 中国在运核电机组型号分布（横轴为项目核准时间）



资料来源：国家能源局，中国核电信息网，国投证券研究中心测算
注*为引进国外的机组

核电站投资运营具有一定的认证门槛和壁垒，2023年我国拥有核电牌照的运营商仅有中核集团、中广核、国电投和华能。中核集团在运机组25台，在运容量23.75GW，中广核在运机组27台，在运容量30.56GW，国电投在运机组2台，在运容量2.5GW，华能在运机组1台，在运容量0.21GW。

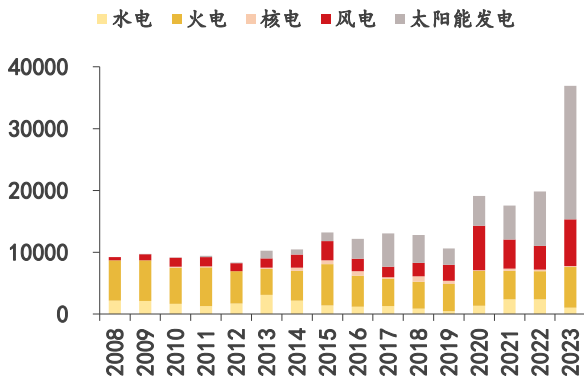
图14. 截至2023年我国在运核电机组运营商竞争格局



资料来源：国家原子能机构，国投证券研究中心

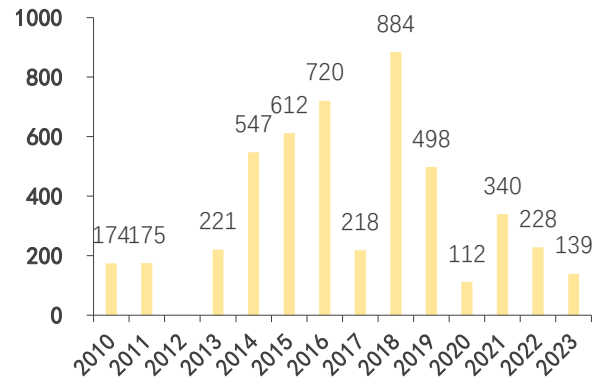
历史来看，每年核电新增装机量较为波动。2023年，我国新增发电装机369.07GW，其中新增核电装机1.39GW，较2022年新增装机2.28GW略有下滑。

图15. 中国新增发电装机 (万千瓦)



资料来源: 中电联, 国投证券研究中心

图16. 中国新增核电装机 (万千瓦)

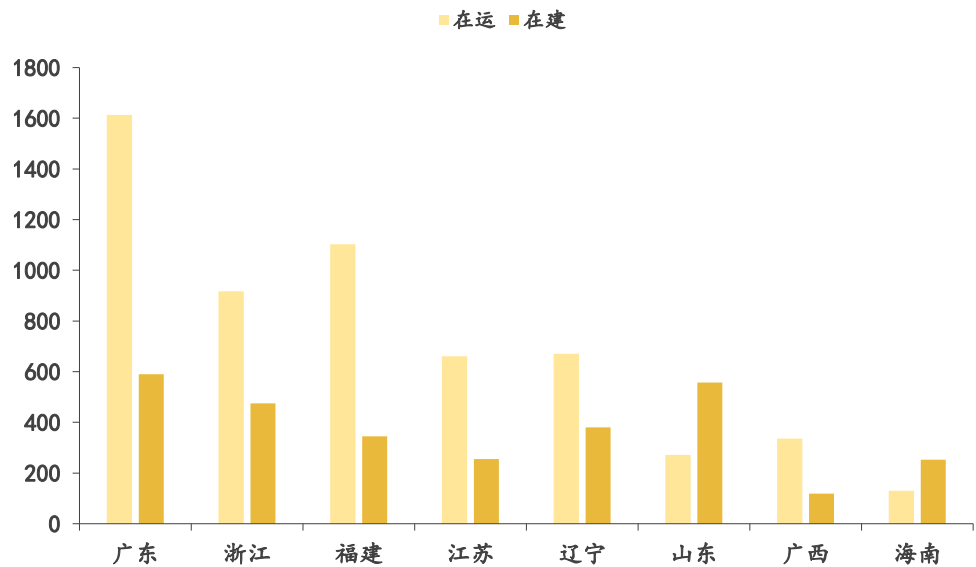


资料来源: 中电联, 国投证券研究中心

根据中核战略规划研究总院统计, 截至 2023 年底, 我国在建核电机组 26 台, 总装机容量 29.75GW。2023 年, 我国核准 10 台核电机组。截至 2023 年底, 我国在运、在建、已核准待建核电机组共有 93 台, 总装机容量 101.44GW。

我国核电站目前均分布于沿海省份。我国核电机组分布在东部沿海 8 个省份 25 座核电站。8 个沿海省份自北向南依次是辽宁、山东、江苏、浙江、福建、广东、广西、海南。其中, 漳州、惠州、霞浦、三澳、徐大堡、廉江、金七门等 7 个核电站为新建核电站, 目前尚未有建成投运的核电机组。

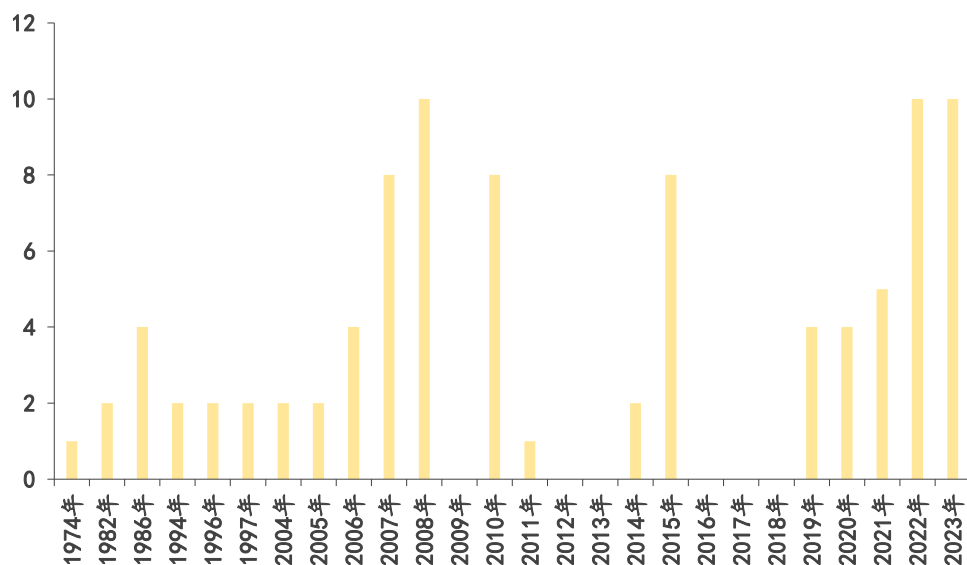
图17. 我国各省份在运在建核电机组情况 (截至 2023 年 12 月 31 日, 单位: 万千瓦)



资料来源: 中核战略规划研究总院, 国投证券研究中心

核电审批提速, 积极安全有序发展核电。2023 年 12 月 29 日召开的国务院常务会议上, 决定核准广东太平岭、浙江金七门核电项目。2023 年全年核电核准量达到 10 台。2011 年, 受福岛核事故影响, 在国务院常务会议上指出, 要充分认识核安全的重要性和紧迫性, 核电发展要把安全放在第一位, 会议决定立即组织对我国核设施进行全面安全检查; 切实加强正在运行核设施的安全管理; 全面审查在建核电站; 严格审批新上核电项目。此后我国暂停了新增核电项目审批, 直到 2019 年再次重启。2021-2023 年, 我国新增核准核电项目 5、10、10 台, 核电发展较为积极。

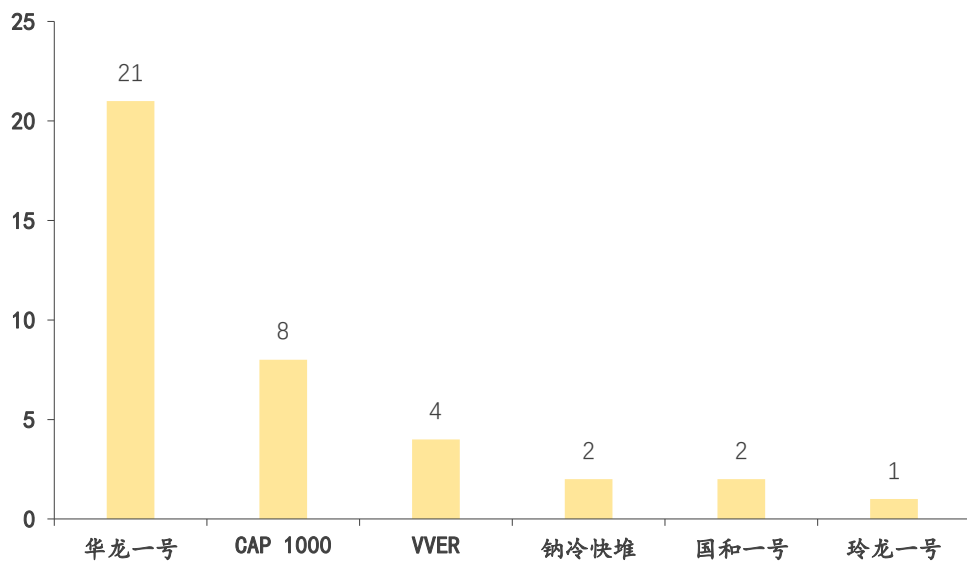
图18. 我国历年新增核准的核电项目数量



资料来源：政府官网，国投证券研究中心

华龙一号是我国后续核电发展的主要技术路线。截至 2023 年底，我国在建、已核准待建核电机工 38 台，其中 21 台为我国自主知识产权的华龙一号机组，2 台国和一号机组，2 台钠冷快堆机组，1 台玲珑一号机组。

图19. 截至 2023 年我国在建、已核准待建的核电机组技术路线数量分布



资料来源：政府官网，国投证券研究中心

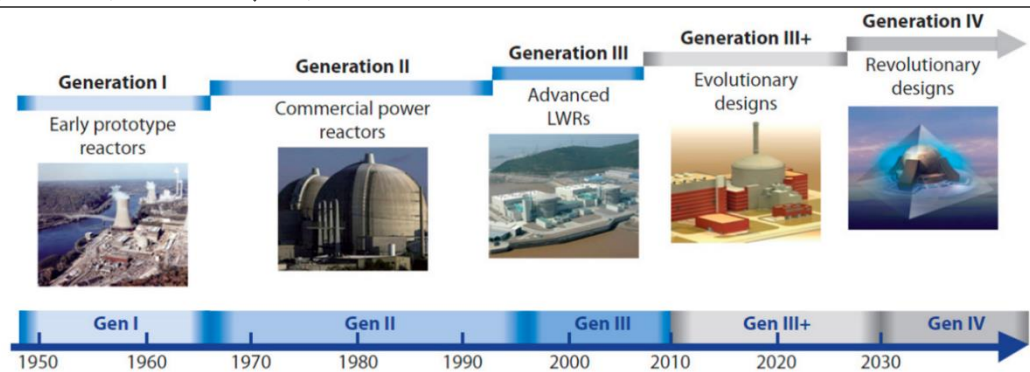
2. 全球核电发展更注重安全性，四代核电走上舞台

2.1. 全球核电技术经历了四代发展

全球核电技术经历了四代的发展历程：

- 第一代核电技术：20 世纪 50~60 年代，基于军用核反应堆技术，由美国、苏联、加拿大、英国等国家设计、开发、建造的首批原型堆或示范电站，验证了核能发电的技术可行性。
- 第二代核电技术：20 世纪 70~90 年代，对经验证的机型实施了标准化、系列化、批量化建设。机组类型主要由美国设计的压水堆核电机型 (PWR, System80) 和沸水堆核电机型 (BWR)、法国设计的压水堆核电机型 (P4、M310)、俄罗斯设计的轻水堆核电机型 (VVER)，以及加拿大设计的重水堆核电机型 (CANDU) 等。
- 第三代核电技术：20 世纪 90 年代起，吸取了第二代反应堆几十年的运行经验，进一步采用经过开发验证且可行的新技术，旨在提高现有反应堆的安全性，满足 URD (美国核电用户要求) 和 EUR (欧洲核电用户要求)。第三代机组增加事故预防和缓解措施，降低事故概率并提高安全标准。第三代核电机型主要有 AP1000、EPR、ABWR、APR1400、AES2006、ESBWR、CAP1400、华龙一号。
- 第四代核电技术：未来新一代先进核能系统，发展目标是增强能源的可持续性，核电厂的经济竞争性、安全和可靠性，以及防扩散和外部侵犯能力。第四代核能系统国际论坛 (GIF) 推荐的 6 种典型四代堆型分别为气冷快堆 (GFR)、铅冷快堆 (LFR)、钠冷快堆 (SFR)、熔盐堆 (MSR)、超临界水冷堆 (SCWR) 和超高温气冷堆 (VHTR)。

图20. 四代核电机组发展历程



资料来源：《Technology Roadmap Update for Generation IV Nuclear Energy Systems》，国投证券研究中心

2.2. 我国核电技术经历引进消化吸收再创新，如今已形成具有完全自主知识产权的技术

我国核电工业的发展经历了“引进、消化、吸收、再创新”的历程。

秦山核电站是中国自行设计、建造和运营管理的第一座 30 万千瓦压水堆核电站。

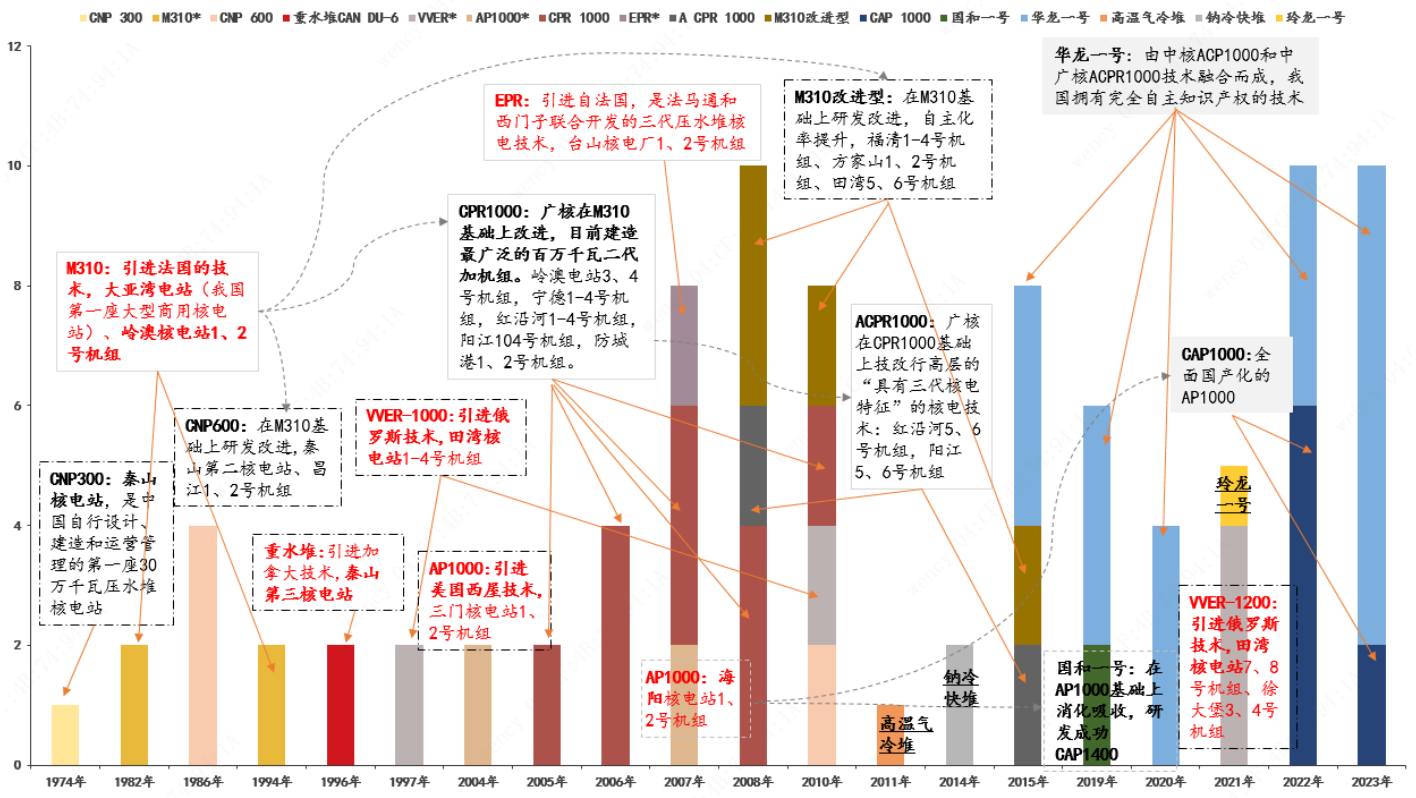
1987 年开工的大亚湾核电站，引进了法国 M310 核电技术。岭澳核电站 1、2 号机组也采用的是法国 M310 技术。在 M310 的基础上，中核集团按照减少回路、减小反应堆容量的思路，研发出了 CNP600，后与法马通和西屋公司合作，继续研发了 CNP1000，并在此基础上研发了三代核电技术 ACP1000。中广核集团在 M310 的基础上，研发出 CPR1000，并通过技术改进，研发出 ACPR1000，进而推出 ACPR1000+。最终，中核集团 ACP1000 和中广核集团 ACPR1000+融合形成了我国具有自主知识产权的三代核电技术“华龙一号”。

2006 年，为统一核电技术路线、促进核电事业发展，我国做出了引进 AP1000 的决策，应用于浙江三门和山东海阳共 4 台机组。在 AP1000 设备国产化的基础上，形成了 CAP1000 机组。如果我国将单机功率升至 135 万千瓦以上，将完全拥有自主知识产权，因此我国开启了 CAP1400 的研发，即“国和一号”。

除此之外，我国在发展核电的历程中，先后引进了 2 台加拿大 CANDU-6 重水堆，2 台法国 EPR 机组，中俄合作 4 台 VVER-1000 和 4 台 VVER-1200 机组。

我国自主研发的高温气冷堆机组、钠冷快堆机组和模块化小堆“玲珑一号”也陆续推出。

图21. 中国核电工业发展历程（横轴为项目核准时间）



资料来源：国家能源局，中国核电信息网，国投证券研究中心

注1、黑色字体为我国自主研发的机组，红色字体为引进机组

注2、黑色点划线框为中核集团项目，灰色实线框为中广核集团项目，灰色虚线框为国电投项目，灰色底色框为共有技术

2.3. 四代技术多路线发展，全球开始研发布局

根据国际核能论坛（Generation IV International Forum, GIF）的定义，第四代核能技术旨在提高核能的可持续性、经济性、安全性、可靠性和防止核扩散能力。这些技术包括使用不同类型的冷却剂和反应堆设计，如气冷快堆、铅冷快堆、熔盐堆、钠冷快堆、超临界水冷堆和超高温气冷堆，以满足不同的能源需求。

表4：第四代核能技术路线分类

技术路线	中子谱 (快/热)	冷却剂	温度(°C)	压力*	燃料	燃料循环	规模(Mwe)
气冷快堆系统(GFR)	快	氦气	850	高压	U-238 +	闭合燃料循环	1200
铅冷快堆系统(LFR)	快	铅或铅-铋	480-570	低压	U-238 +	区域闭合燃料循环	20-180** 300-1200 600-1000
熔盐快堆	快	氟化盐	700-800	低压	氟化铀	闭合燃料循环	1000
熔盐反应堆—先进的高温反应堆	热	氟化盐	750-1000		氧化铀棱柱颗粒	开放燃料循环(热堆) 闭合燃料循环(快堆)	1000-1500
钠冷快堆系统(SFR)	快	钠	500-550	低压	U-238 & MOX	闭合燃料循环	50-150 600-1500
超临界水冷反应堆系统(SCWR)	快/热	水	510-625	超高压	氧化铀	开放燃料循环(热堆) 闭合燃料循环(快堆)	300-700 1000-1500
超高温反应堆系统(VHTR)	热	氦气	900-1000	高压	氧化铀棱柱或球形颗粒	开放燃料循环(热堆) 闭合燃料循环(快堆)	250-300

资料来源：国际核能论坛 GIF，国投证券研究中心

注：*高压=7-15Mpa

+=含有 U-235 或 Pu-239

** “电池”型号，具有较长的盒式堆芯寿命（15-20 年）或可更换的反应堆模块

2.4. 我国第四代高温气冷堆核电技术达到世界领先水平

2023 年 12 月 6 日，山东荣成石岛湾高温气冷堆核电站顺利完成 168 小时持续运行考核，开始商业运行。石岛湾核电站是我国具有完全自主知识产权的国家科技重大专项高温气冷堆核电站示范工程，石岛湾核电站正式投入商业运行标志着我国在第四代核电技术研发和应用领域达到世界领先水平。示范工程集聚了设计研发、工程建设、设备制造、生产运营等产业链上下游 500 余家单位，先后攻克了多项世界级关键技术，设备国产化率达到 93.4%，创新型设备 600 多台（套）。

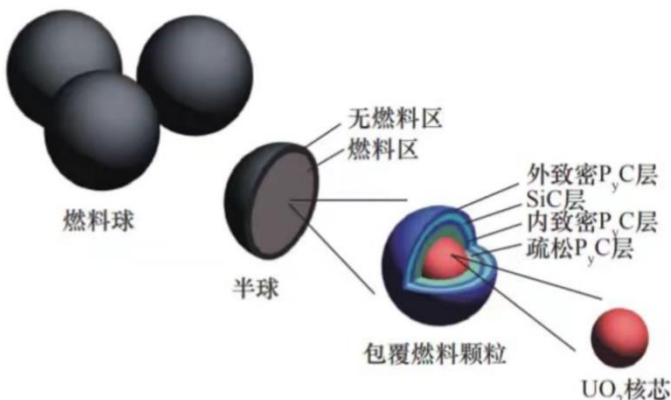
图22. 山东荣成石岛湾高温气冷堆核电站


资料来源：中国核学会，国投证券研究中心

高温气冷堆的核心设备及系统可归纳为九大设备和系统：反应堆压力容器、主氦风机、蒸汽发生器、堆内金属构件、控制棒、吸收球、燃料装卸、氦净化和乏燃料储存。高温气冷堆的设计主要围绕提高核反应堆的温度和安全性两方面展开。

- (1) 燃料：采用自主研发的“耐高温全陶瓷包覆颗粒球形核燃料元件”。球床型高温气冷堆采用的核燃料元件是耐高温全陶瓷包覆颗粒燃料球，其直径 6 厘米，最外层是石墨层，里面是弥散在基体石墨粉中的约 12000 个四层全陶瓷材料包覆的、直径 0.9 毫米的核燃料颗粒。耐高温高压的材料、层层包覆的结构、严苛的质量检验标准，保障了球形燃料可以有效防止放射性物质泄漏。
- (2) 冷却剂：高温气冷堆的冷却剂采用的是氦气，氦气流过反应堆堆芯，带走裂变热，然后流经蒸汽发生器将热量传给二回路的水，使水转变为水蒸气，水蒸气再驱动汽轮机发电；经蒸汽发生器后的冷氦气再由主氦风机压缩，循环返回堆芯，重新带出裂变热。驱动高温气冷堆氦气冷却剂循环的风机叫主氦风机。
- (3) 慢化剂：高温气冷堆采用石墨作为慢化剂，不同于轻水堆和压水堆核电站用水和重水作为慢化剂，具有更好的耐高温性能。
- (4) 其他材料：为了适应高温气冷堆较高的反应温度，堆内其他材料也需要采用耐高温材料。目前高温气冷堆堆芯氦气出口温度为 750℃，未来超高温气冷堆将提高到 950-1000℃，相应的压力容器、蒸汽发生器、金属堆芯支承结构、氦-氦中间换热器等结构材料均需满足相应高温下的机械性能与环境相容性要求，并且要具有良好的焊接、塑性加工、机械加工等性能。
- (5) 反应堆：反应堆不停堆在线换料，允许在反应堆运行期间，不需要停机就可以进行燃料的装填和卸载。新的燃料球从反应堆顶部添加，通过重力作用落入堆芯并自然下流，同时已经烧透的燃料球从底部移出。这种连续的燃料更换方式不仅提高了反应堆的运行效率，还减少了因新燃料导致的过剩反应性，从而使核裂变反应更加稳定和安全。
- (6) 模块化设计：模块式反应堆设计可以提升核安全性、增加系统灵活性。一方面，模块化设计通过降低每个模块的功率密度，减少了停堆后由于裂变产物衰变产生的余热，从而降低了核燃料外壳过热熔化的风险，使得每个模块都能在没有人为干预的情况下通过自然冷却方式（如热传导和热辐射）有效散热，显著减少了严重核事故的可能性。另一方面，模块独立运行的特点增加了整个系统的冗余性和可靠性，允许根据电力需求灵活调整运行模块的数量，每个模块的独立性意味着故障或维护一个模块不会影响到整个系统的运行，简化了管理和维护工作。

图23. 高温气冷堆球形燃料



资料来源：国家核安全局，国投证券研究中心

图24. 模块式高温气冷堆的一个反应堆模块

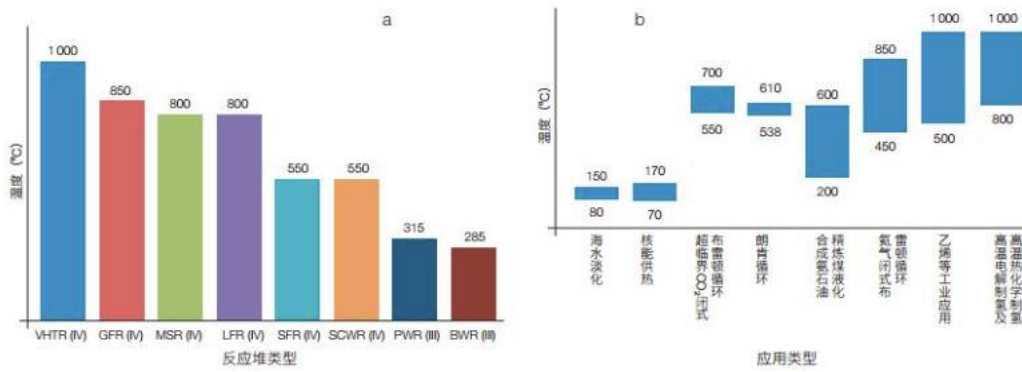


资料来源：国家核安全局，国投证券研究中心

2.5. 四代核电安全性高，具备核能综合利用潜力，打开核电发展新空间

高温气冷堆技术利用氦气作冷却剂、石墨作慢化剂，并采用全陶瓷包覆颗粒燃料元件，能实现 700-1000℃ 的反应堆出口温度。高出口温度支持高效发电和热电联产，发电效率可达 40%-48%。更高温度还可用于高温核能热利用，如热分解水制氢，拓宽了核能应用范围，尤其在氢能作为未来能源载体方面具有重要潜力。

图25. 不同核反应堆及应用的温度范围



资料来源：《核能综合利用研究现状与展望》，国投证券研究中心

注：(a) 不同反应堆（代）的出口温度，其中 VHTR—超高温反应堆、GFR—气冷快堆、MSR—熔盐堆、LFR—铅冷或铅-铋共熔物冷却的快堆、SFR—钠冷快堆、SCWR—超临界水堆、PWR—压水反应堆、BWR—沸水堆；(b) 核能综合利用温度范围

3. 核能多场景应用，核电商业化进入新时代

3.1. 核电成为美国 AI 能源消耗的解决方案，多家企业布局绑定核电电量

数据中心的本质是把电力转换为算力，快速增长的需求叠加双碳目标的影响，数据中心可持续发展成为关键问题，核能可以为数据中心提供绿色解决方案。根据信通院发布的《2023 智能算力发展白皮书》显示，2022 年全球智能算力增速为 25.7%，中国增速高达 41.4%。预计未来五年全球算力规模将以超过 50% 的速度增长。未来数据中心对电力的需求将快速增加。2024 年 3 月，亚马逊云服务（AWS）以 6.5 亿美元收购了位于宾夕法尼亚州的 Talen Energy 旗下的 Cumulus 数据中心园区。该园区紧邻 Talen Energy 的 Susquehanna 核电站，可为数据中心提供充足的清洁电力。交易完成后，亚马逊将获得 Cumulus 数据中心及其配套的电力基础设施，Talen Energy 将与亚马逊签署为期 10 年的电力购买协议（PPA），从 Susquehanna 核电站向其供电，该核电站始建于 1983 年，目前拥有两台反应堆，总装机容量达 2.5GW。微软、谷歌等公司也在积极研究小型模块化反应堆（SMR）等新型核电技术在数据中心领域的应用前景。与传统的大型反应堆相比，SMR 体积更小、造价更低，更适合为数据中心供电。Green Energy Partners 计划在弗吉尼亚州萨里核电站附近建立一个数据中心和能源园区，计划建设 30 个数据中心，以及小型模块化反应堆和现场制氢。

图26. 位于宾夕法尼亚州的核电站及数据中心



资料来源：Talen Energy，国投证券研究中心

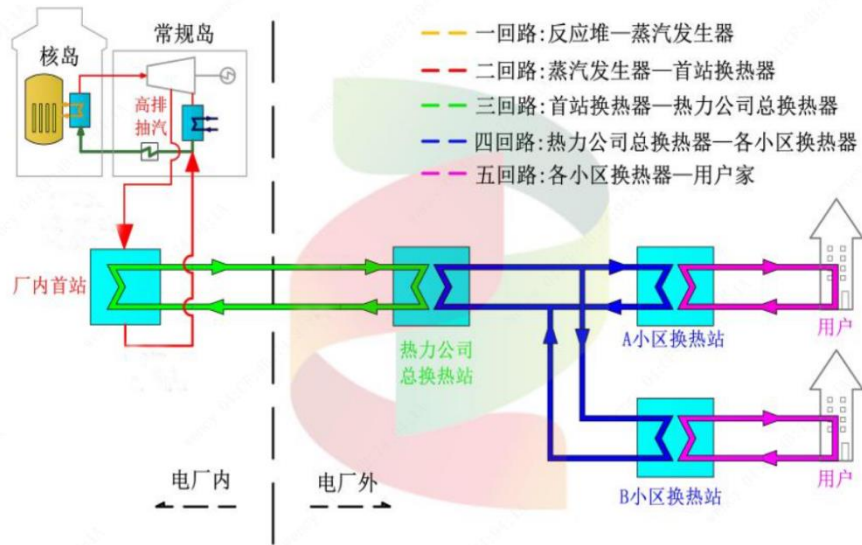
3.2. 中国高温气冷堆商业化逐步落地，供热供汽正在实践

根据国际核能论坛的定义，第四代核能技术旨在提高核能的可持续性、经济性、安全性、可靠性和防止核扩散能力。核能综合利用是提升核能经济性的重要方式。

我国具有完全自主知识产权的国家科技重大专项高温气冷堆核电站示范工程山东荣成石岛湾高温气冷堆核电站已经投入商业化运行。2024 年 3 月 27 日，该站的核能供暖项目正式并网，标志着中国第四代核能供热系统首次为城镇居民提供供暖服务，实现了在四代核能综合利用上的重大突破。该项目通过高温气冷堆蒸汽系统提取的高温蒸汽来加热换热器中的水，生成高温水，高温水随后被送往市政和电站力能区的换热站进行二次换热，最终转化为供居民供暖用的热水。此项目不仅在保障和提升民生方面发挥了作用，还为城市的低碳发展提供了强有力的支持。

2024 年 3 月 29 日，生态环境部常务会上，审议并原则通过江苏徐圩核能供热厂一期工程环境影响报告书（选址阶段）和厂址安全分析报告审评情况。该工程拟建设 2 台“华龙一号”压水堆机组+1 台 HTR-PM600S 高温气冷堆机组，3 台机组的发电功率为 1652.9MW（其中华龙一号单台发电功率 729.7MW，高温气冷堆单台发电功率 193.5MW），设计热负荷 8164t/h，供汽能力为设计热负荷的 50%（4082t/h）。项目总投资约 739.95 亿元（不包含配套送变电工程及厂外热力输送管线工程）。该项目是国内首个以供汽供热为主要目的，兼顾电力供应的核动力厂，对于徐圩化工园区实现低碳供热供汽具有重要意义。

图27. 核能供热基本原理示意图



资料来源: 国家能源局, 国投证券研究中心

3.3. 小型模块化核反应堆“玲龙一号”示范工程持续推进, 核能综合利用未来可期

根据国际原子能机构的定义, 小型核反应堆是指电功率在 30 万千瓦以下的核反应堆。小型堆具有功率规模灵活、模块化安装、运输便捷、适应环境条件强、稳定供电等优势, 使得其除了发电, 还能满足核能综合利用的多种需求, 例如城市供热、海水淡化、石油开采等, 适用于园区、海岛、矿区、高耗能企业自备能源等多种场景。

2011 年, 中核集团正式启动了模块式小堆的研发, 代号 ACP100, 亦称为“玲龙一号”。2016 年, “玲龙一号”成为全球首个通过国际原子能机构 (IAEA) 安全审查的小型压水堆技术, 标志着其技术走向成熟。随后, 在 2017 年, 国家核安全局正式受理了“玲龙一号”示范工程的“两评”报告, 加速了项目的审批和建设进程。2018 年, 中核集团宣布采用“玲龙一号”技术的海南昌江小堆示范工程初步设计审查工作完成, 为工程应用奠定了基础。2021 年, 项目获得国家发展改革委的正式批复, 标志着海南昌江多用途模块式小型堆科技示范工程正式获批建设, 单台机组容量为 125MW。同年 7 月 13 日, 该项目在海南昌江正式开工, 成为全球首个开工建设的陆上商用模块化小堆。2024 年, 玲龙一号项目持续达成重要里程碑, 包括外穹顶吊装完成以及 220kV 辅助电源线路和辅助变压器完成冲击并进入 24 小时试运行阶段, 220kV 辅助电源倒送电工作成功。项目从概念到实际建设、并最终接近投产的全过程。

玲龙一号不仅适用于多场景的核能综合利用, 而且将成为我国核能“走出去”的重要名片。玲龙一号由中国核电全资控股, 玲龙一号不仅展示了中国在模块式小型堆领域的全面实施与验证能力, 而且还加速了中国在该领域的自主创新, 巩固了中国的先发优势, 并成功形成了自主堆型品牌。随着玲龙一号在国内建成并运行, 未来可以在其他国家推广。

图28. “玲龙一号”反应堆核心模块——“玲龙之心”顺利就位



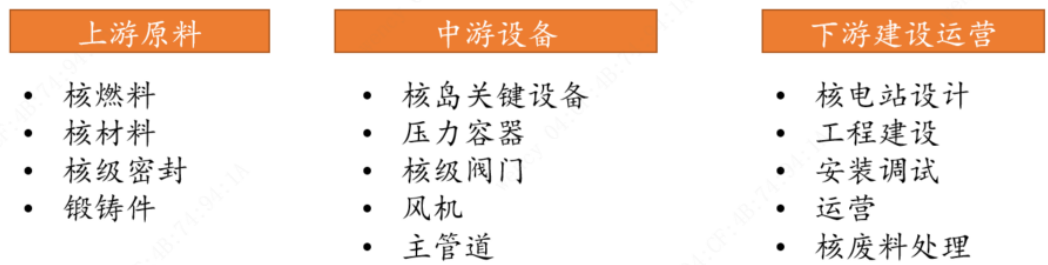
资料来源：国家核安全局，国投证券研究中心

4. 核电设备投资额大，设备环节有望迎来增长

4.1. 核电产业链包括设备制造、电站运营等环节

核电产业链包括上游原料供应，中游设备和下游建设运营几个环节。上游材料包括核燃料、核材料等，中游设备包括核岛、常规岛和辅助系统的核电设备，下游包括核电站的设计、工程建设、安装调试、核电站运营和核废料处理。

图29. 核电站常规岛示意图



资料来源：国家核安全局，国投证券研究中心

4.2. 核电站内设备复杂，包括核岛、常规岛和配套设备

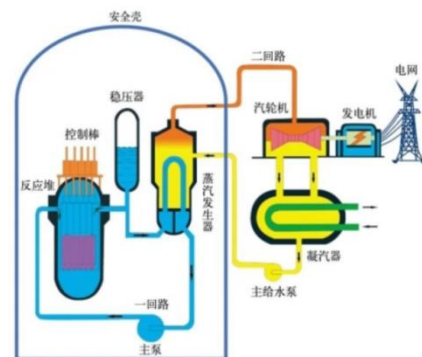
核电站内设备主要分为核岛（主要是核蒸汽供应系统）、常规岛（主要是汽轮发电机组）以及电站配套设施。

图30. 采用华龙一号技术的福清核电 5、6 号机组



资料来源：国家核安全局，国投证券研究中心

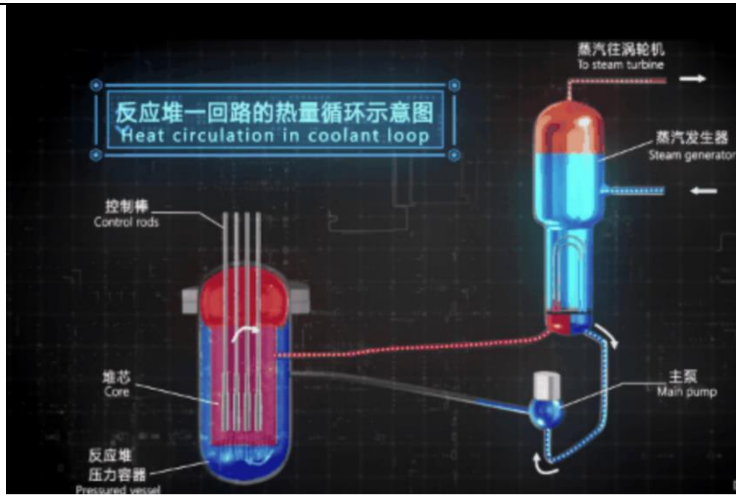
图31. 核电站系统示意图



资料来源：国家核安全局，国投证券研究中心

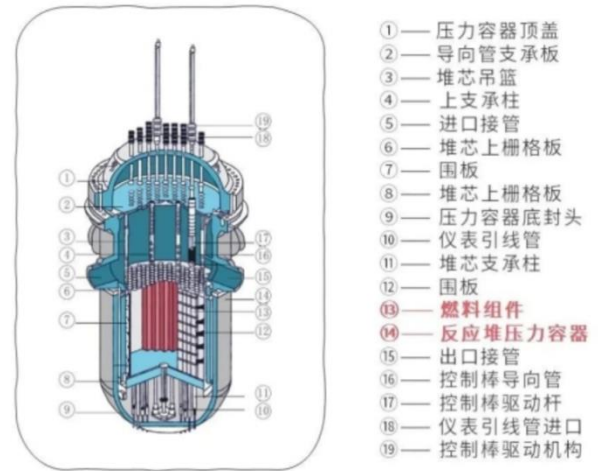
核岛内的设备主要有反应堆压力容器、蒸汽发生器 反应堆冷却剂泵（主泵）、稳压器等一回路系统设备。反应堆是核电站最主要的设备，反应堆外壳是个圆柱形的压力容器，其内部有燃料组件等，其中流动的水就是一回路冷却剂，燃料芯块装在燃料棒中，以燃料组件的形式装载在反应堆堆芯中完成反应。控制棒组件用于吸收中子，以此来控制链式裂变反应，调节反应堆的功率，必要时可实现紧急停堆。

图32. 核反应堆一回路热量循环示意图



资料来源：国家核安全局，国投证券研究中心

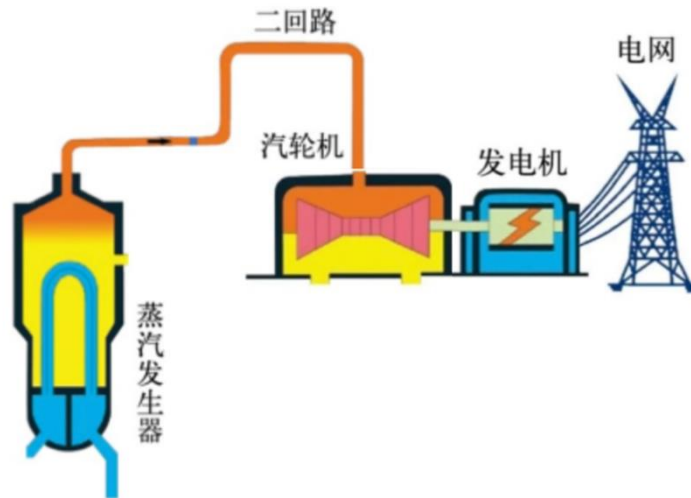
图33. 压水堆核电站反应堆



资料来源：国家核安全局，国投证券研究中心

常规岛属于核电站二回路，设备包括蒸汽发生器和汽轮机，高温高压的一回路水在反应堆内被核能加热，通过蒸汽发生器将二回路水加热，使其成为高温高压的饱和蒸汽，此蒸汽会通过管路进入常规岛内的汽轮机，推动汽轮机转动，实现发电。

图34. 核电站常规岛示意图



资料来源：国家核安全局，国投证券研究中心

4.3. 核电项目投资额大，设备价值量占比高

核电项目投资额通常较高。根据中国核电公司公告的项目，核电站工程投资额通常在 200-400 亿，平均单位投资额达到 1.50 万元/kw。

表5：国内部分核电项目建设投资

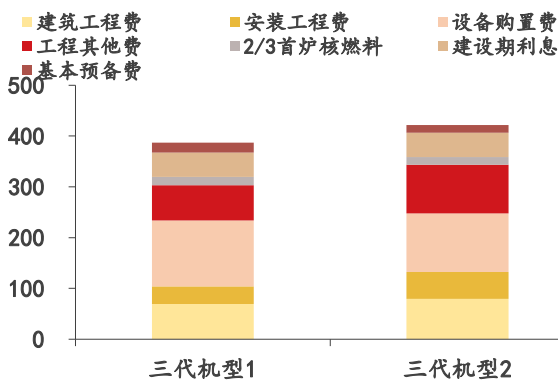
项目名称	机组容量 (万千瓦)	初步设计概算建成价 (亿元)	单位投资额 (万元/kw)
福建福清核电工程 (一期)	2*108	287.59	1.33
福建福清核电工程 (二期)	2*108	227.92	1.06
浙江三门核电一期工程	2*125	408.26	1.63
海南昌江核电工程	2*65	213.46	1.64
田湾核电站 3、4 号机组工程	2*112.6	406.98	1.81

田湾核电站扩建工程5、6号机组	2*111.8	303.86	1.36
福清核电厂5、6号机组	2*115	385.3	1.68
平均			1.50

资料来源：中国核电公司公告，国投证券研究中心

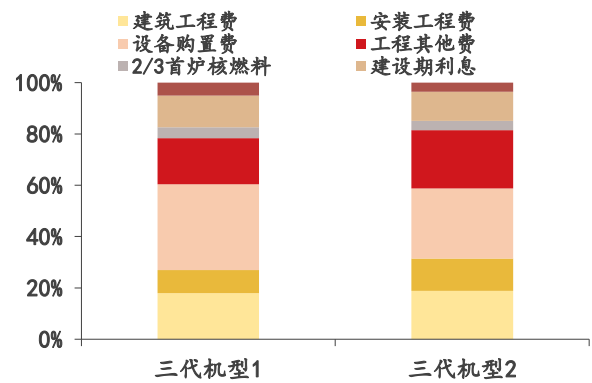
按照国内核电厂费用性质划分，工程建成价由建筑工程费、安装工程费、设备购置费、工程其他费用、基本预备费、2/3首炉核燃料费和动态费用组成，其中，建筑工程费、安装工程费、设备购置费核级为工程费用。根据《中国核工业》的统计，三代核电双机组工程建成价平均在400亿元人民币左右，其中工程费用占比约60%（其中设备购置费占比约30%），工程其他费用占比约20%。

图35. 国内典型三代核电建设价（亿元）



资料来源：《中国核工业》杂志2023年第3期，国投证券研究中心

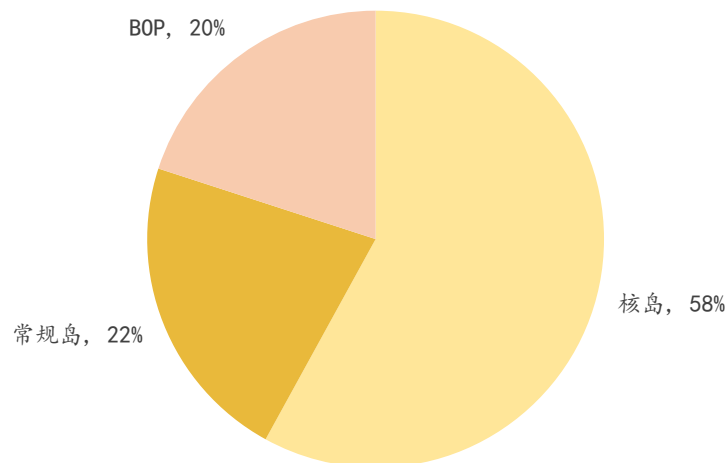
图36. 国内典型三代核电建设价构成



资料来源：《中国核工业》杂志2023年第3期，国投证券研究中心

核电站设备投资中，核岛设备占比约58%，常规岛设备占比约22%，BOP设备占比约20%。核岛设备技术壁垒要求高，竞争格局好，价值量高。

图37. 核电站设备投资额占比

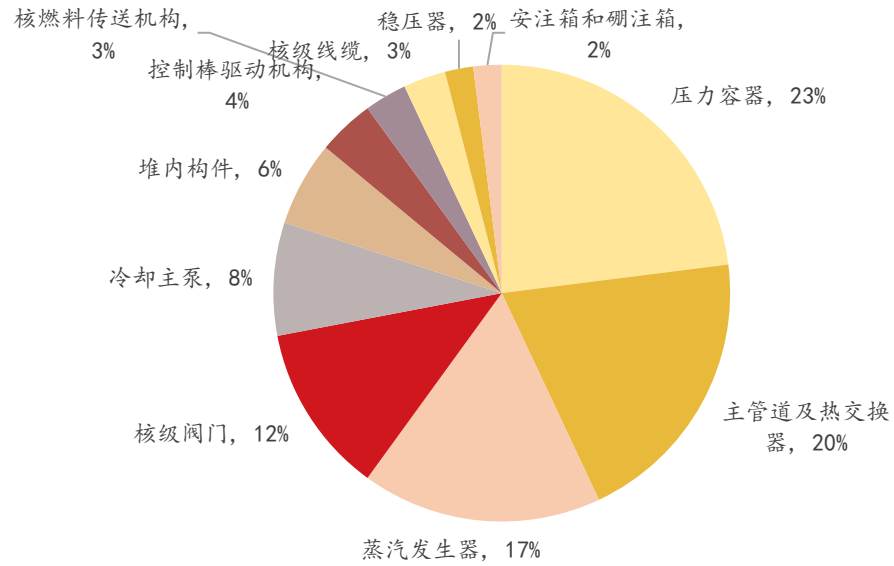


资料来源：华经产业研究院，国投证券研究中心

核岛设备通常具有较高的技术公益难度、较高的安全性要求以及资金投入。根据中国核电、中国核电信息网披露，一般核岛设备中，压力容器价值量占比23%、主管道及热交换器价值量占比20%、蒸汽发生器价值量占比17%、核级阀门价值量占比12%。

- (1) **压力容器**：反应堆压力容器是用于安置核反应堆并承受其运行过程中产生的巨大压力的设备，主要用于压水堆核电站中，以确保核反应的安全进行。反应堆压力容器由高强度的材料制成，如钢或预应力混凝土，具有极高的制造标准和技术难度，且一旦安装则无法更换。其主要功能是固定和包容堆芯及堆内构件，将核燃料的裂变反应限制在一个密封的空间内。这样不仅保证了反应的高效进行，同时也构成了高压冷却剂的压力边界，是防止放射性物质泄漏的重要屏障之一。反应堆压力容器的设计和制造必须严格，以确保其在核电站长达 40 年的寿命期内维持绝对的安全和可靠性。
- (2) **蒸汽发生器**：蒸发器可以用于高效地将核反应堆产生的热能转换为蒸汽，蒸汽发生器链接了反应堆和蒸汽轮机之间的热能传递，主要由加热室和蒸发室两部分组成。加热室不直接加热液体，而是使用核反应堆产生的热量来加热通过管道循环的二次侧水，核燃料的热量通过反应堆冷却剂传递给加热室中的水，促使水温升高至沸点，从而产生蒸汽。产生的蒸汽含有液沫，随后进入蒸发室，通过较大的空间和除沫器等装置，蒸汽与液态水分得到有效的分离。除沫器通常设置在蒸发室的顶部，帮助去除蒸汽中的水滴，确保产生干净、高质量的蒸汽。产生的干净蒸汽最终被输送至蒸汽轮机，用于发电。在核电站中，蒸汽发生器的设计和运行安全至关重要，因为它们直接关系到整个发电系统的效率和安全性。蒸汽发生器通常具有高度的技术复杂性和严格的安全标准，以确保在长期运行中的可靠性和安全性。
- (3) **主管道**：一回路主管道属于核安全一级部件，尺寸大、运行条件苛刻（约 300°C、16 MPa 的含磷酸、硼酸高温高压水），对材料性能要求极高，除要求有良好的综合力学性能（足够的强度、高的塑性和韧性）外，还要求耐高温高压水腐蚀，具有良好的抗疲劳性能、易加工性和焊接性能等。
- (4) **核级阀门**：核电阀门在核电站中是使用数量较多的介质输送控制设备，据统计一座具有两台 100 万千瓦机组的核电站有各类阀门 3 万台。核电站中阀门的数量分布以大亚湾核电站为例，核岛部分占 43.5%、常规岛部分占 45%、辅助设施占 11.5%。其核岛部分使用的各类阀门共有 1.3 万台。
- (5) **冷却主泵**：核主泵位于反应堆与蒸汽发生器之间，负责推动反应堆冷却剂在系统中循环。核主泵将冷却剂升压、补偿系统的压降，并为反应堆堆芯提供足够的冷却剂流量，连续不断地将由核裂变产生的热能传递给蒸汽发生器，保证一回路系统的正常工作。在事故工况下，核主泵依靠机组的惯性惰转带出堆芯余热，保证反应堆堆芯不被烧毁。核主泵与普通泵的最大区别在于设计和应用要求。核主泵是核安全一级设备，强调压力边界的完整性和在特殊工况下的可运行性，意味着核主泵必须能够在极端条件下如高温、高压和强辐射环境中稳定运行。核主泵的密封形式也与普通泵有所不同，常见的密封形式包括轴封泵和屏蔽泵。
- (6) **堆内构件**：堆内构件主要起到支承和固定堆芯组件，承受堆芯重量，同时为压力容器提供热屏蔽，减少受中子和 γ 射线照射等作用。
- (7) **控制棒驱动机构**：控制棒驱动机构承担着反应堆的启动、功率调节、保持功率、正常停堆和事故停堆等功能，要求具有长设计寿命、高抗震等级、高可靠性等性能。

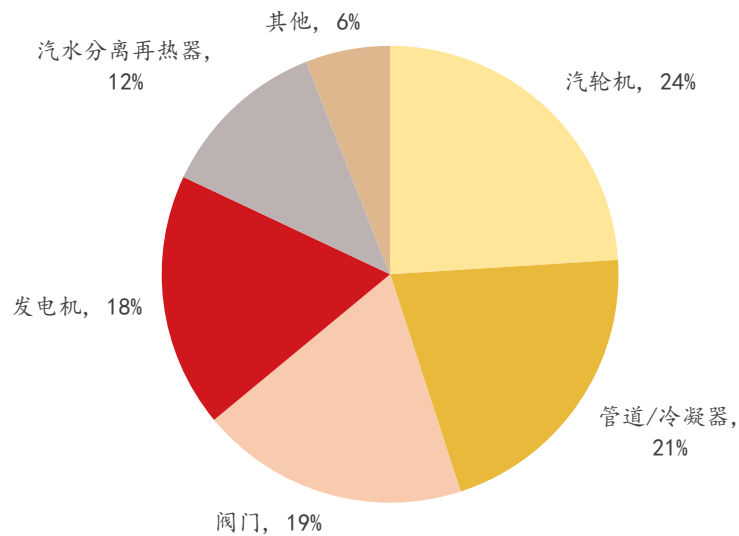
图38. 核电站核岛设备投资额占比



资料来源：中国核电，中国核电信息网，前瞻经济学人，国投证券研究中心

根据台海核电和前瞻产业研究院的披露，常规岛设备中，汽轮机、管道/冷凝器、阀门价值量占比较高，其中汽轮机占比为 24%，管道/冷凝器占比为 21%，阀门占比为 19%。

图39. 核电站常规岛设备投资额占比

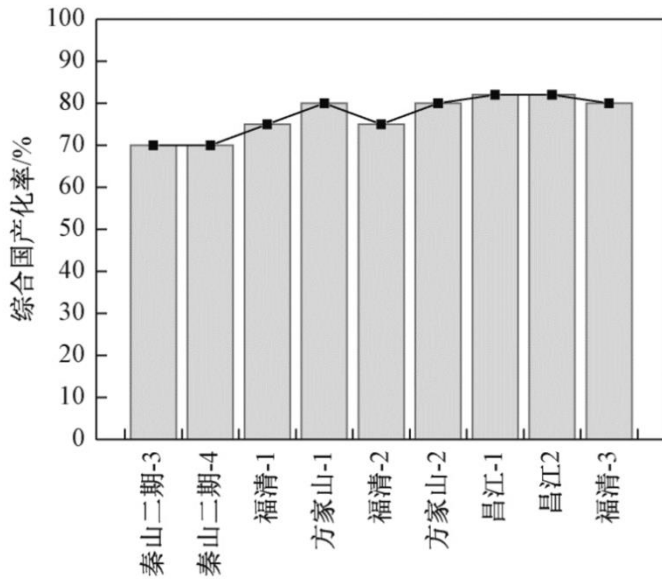


资料来源：台海核电，前瞻产业研究院，国投证券研究中心

4.4. 核电主要设备已实现国产化

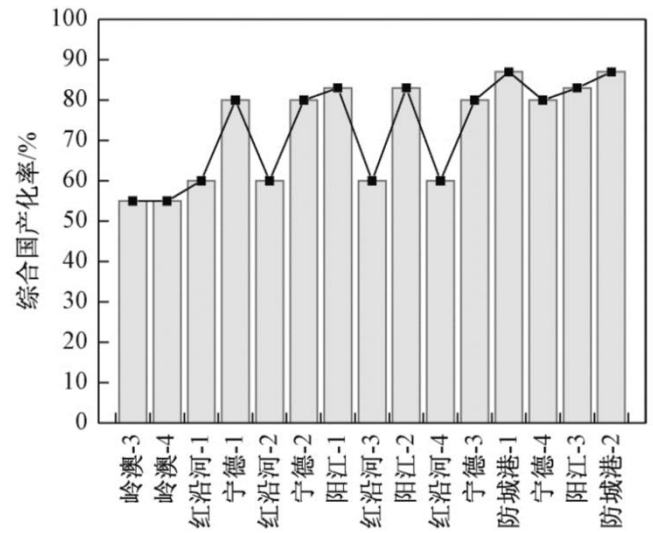
我国不仅加快核电站的规划投资，更在推进核电设备国产化进程。我国二代核电技术国产化率从大亚湾不到 1%，提升到防城港二期 85%以上。引进的 AP1000 技术从三门一号机组的 30% 提升到了 72%。我国自主设计研发的华龙一号、国和一号示范工程国产化率都在 85%以上，并且在后续依托项目批量化建设，能够将国产化率提高到 90%以上。

图40. 中核项目 CNP/M310(改)综合国产化率



资料来源：《中国核电产业国产化发展分析》，国投证券研究中心

图41. 中广核 CPR1000 项目综合国产化率



资料来源：《中国核电产业国产化发展分析》，国投证券研究中心

华龙一号的国产化历程是中国核工业自主创新的典范。从上世纪 90 年代初，中国首座自主研发设计的秦山二期核电工程完成后，中核集团便启动了百万千瓦级核电技术的研发工作。经过二十多年的不懈努力，华龙一号于 2021 年投入商业运行。华龙一号项目在核主泵的国产化进程中展示了中国核工业的重大进步和自主创新能力。起初，中国的核电站依赖于进口核主泵，自 2007 年中核集团开始承担核电厂总承包工作后，国产化步伐加快，特别是在福清和方家山项目中，中核工程不仅强调国外供应商与国内合作伙伴合作，还要求进行技术转让和关键零部件的国产化，安德里茨公司和哈电集团达成合作，实现了主泵的完全国产化。2009 年，哈电电动装开展全流量试验台架的设计和建设，大幅提升了国内生产能力，最终在福清 5 号机组实现了主泵的独立总装。

图42. 完成穹顶吊装的福清核电 5 号机组



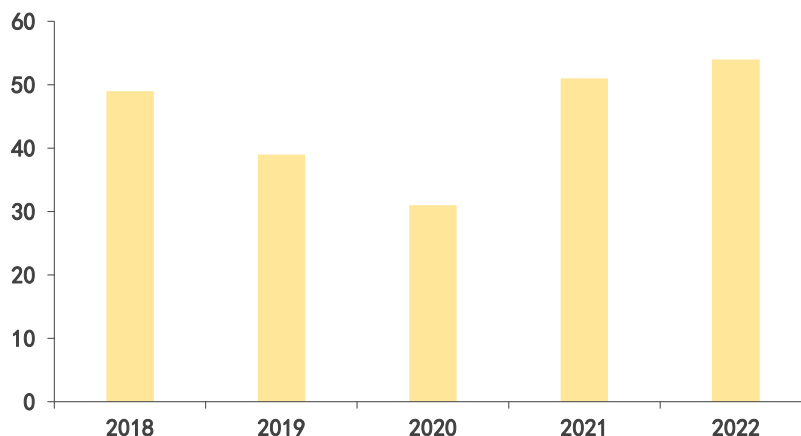
资料来源：光明日报，国投证券研究中心

高温气冷堆涉及的核心设备和系统主要包括反应堆压力容器、主氨风机、蒸汽发生器、堆内金属构件、控制棒、吸收球、燃料装卸系统、氨净化系统以及乏燃料储存系统。这些设备大多为世界首创，对供应商的制造能力提出了极高的要求。在各参与方的共同努力下，主要设备的研制和生产至 2018 年已基本完成。反应堆压力容器在 2016 年制造完成并安装，首台燃料装卸系统及堆内构件在 2018 年安装完毕，蒸汽发生器和主氨风机也于同年完成制造和相关测试。在供应链方面，核心设备的供货由多家企业共同承担。上海电气集团股份有限公司、

哈尔滨电气集团有限公司、中核北方核燃料元件有限公司、江苏银环集团有限公司等均参与了设备供货、核燃料制造及原材料供应等关键环节。

2022年国内核电主设备累计交付54台套，维持高位。目前我国已形成百万千瓦级压水堆核电主设备成套供货能力，“国和一号”湿绕组电机主泵和屏蔽电机主泵等一批核电关键装备首台套交付；示范快堆1号机组堆芯支承、热交换器、新组件装载机、提升机等设备陆续交付现场；聚变堆主机关键系统综合研究设施（CRAFT）TF线圈盒项目的研发工作取得阶段性成果，表明我国核电装备制造技术及研发能力达到了世界先进水平。

图43. 2018-2022年国内核电主设备交付量



资料来源：国家核安全局，国投证券研究中心

表6: 2022年国内核电主设备出产情况

堆形	设备	交付数量
国和一号	蒸汽发生器	2
	堆内构件	1
	控制棒驱动机构	1
	湿绕组电机主泵	3
	屏蔽电机主泵	1
	发电机	1
	汽轮机	1
华龙一号	反应堆压力容器	4
	蒸汽发生器	15
	稳压器	2
	堆内构件	2
	控制棒驱动机构	2
	主泵	3
	安注箱	9
	主管道	2
	汽轮机	1
	发电机	1
凝汽器/低加/MSR	2	
玲珑一号	反应堆压力容器	1

资料来源：中国核能行业协会《中国核能发展报告（2023）》，国投证券研究中心

5. 相关关注公司

5.1. 佳电股份：国内特种电机龙头企业，核电主泵供应商之一

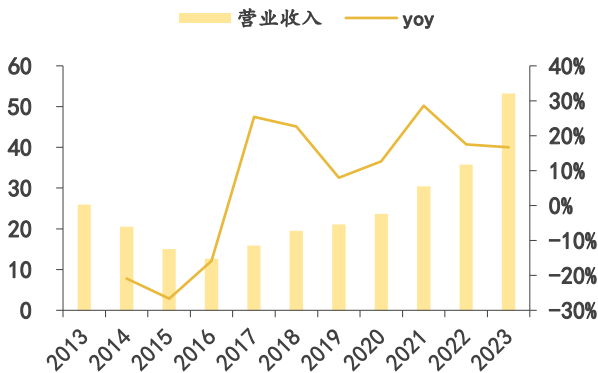
佳电股份作为国内特种电机领域的领导者，拥有逾 80 年的行业历史和深厚技术积累。公司的特种电机产品涵盖了防爆电机、起重冶金电机、矿用电机等多个系列，广泛应用于石油、石化、冶金、矿山等关键领域。通过不断的技术研发和市场开拓，公司实现了特种电机产品线的多元化和高端化，进一步加强了其在特种电机行业的竞争优势。

在核电电机领域，通过收购哈电动装股权，公司显著提升了自身在核电电机市场的竞争力，并成功扩展了业务范围。公司为我国二代核电项目配套了 8000 余台核用电机，国产化核级电机占有率在 80% 以上；子公司哈电动装产品覆盖三代核电机组，轴封型核主泵实现出货且运行良好，具有屏蔽型核主泵生产能力；公司主氨风机是第四代核能系统安全特性的高温气冷堆核心设备，已为华能山东石岛湾核电站高温气冷堆核电站示范工程交付 2 台套主氨风机。

公司在经历了 2017 年的经营管理层面改革之后，业绩持续向好，展示了其在行业内的稳健发展和良好的市场地位。2019 年至 2023 年，公司实现营业收入分别为 21.03 亿元、23.69 亿元、30.46 亿元、35.79 亿元、53.21 亿元，同比增长 7.96%、12.63%、28.58%、17.52%、16.69%；实现归母净利润 3.45 亿元、4.08 亿元、2.13 亿元、3.51 亿元、3.99 亿元，同比增长 23.72%、18.29%、-47.67%、64.54%、4.75%（公司 2023 年收购哈动装 51% 的股权，实现哈动装并表，2023 年相关增速为调整 2022 年数据后所得）。

核电产品业绩逐渐释放。公司 2023 年实现营业收入 53.21 亿元，同比+16.69%，毛利率 23.96%，同比+0.13pcts，实现归母净利润 3.99 亿元，同比+4.75%。23Q4 公司实现营业收入 22.84 亿元，毛利率 25.27%，归母净利润 1.16 亿元。分业务看，2023 年电动机及服务实现收入 45.24 亿元，同比+13.17%，毛利率 24.05%，同比+4.93pcts。核电产品收入 6.86 亿元，同比+52.78%，毛利率 20.39%，同比-35.57pcts。

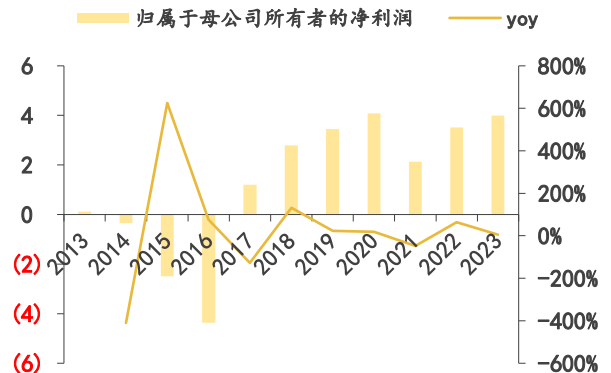
图44. 佳电股份营业收入及增速（亿元）



资料来源：公司公告，国投证券研究中心

注：2023 年公司将哈电动装计入合并报表，增速为调整 2022 年后所得

图45. 佳电股份归母净利润及增速（亿元）



资料来源：公司公告，国投证券研究中心

注：2023 年公司将哈电动装计入合并报表，增速为调整 2022 年后所得

5.2. 中核科技：深耕核电阀门行业，助力核电阀门国产替代

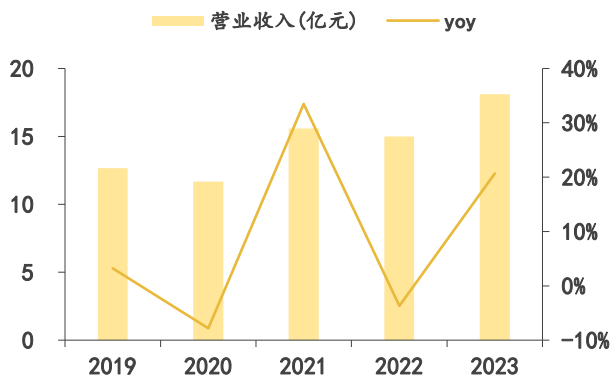
公司前身为苏州阀门厂，于 1997 年在深交所挂牌上市，成为中国阀门行业和中国核工业集团有限公司所属的首家上市企业，是一家集工业阀门研发、设计、制造及销售为一体的科技型制造企业。公司坚持市场化、国际化导向，为石油、天然气、炼油、核电、电力、冶金、化工、造船、造纸、医药等行业提供阀门系统解决方案，逐步形成了“核工程、石油石化、公用工程”三大主流目标市场。

公司推进关键阀门国产化的自主创新步伐，是国内核电阀门领域的领军企业，国内三大核电集团核电阀门主力供应商。公司核电站用关键阀门具备二代、三代核电机组阀门成套供货能力，四代核电机组关键阀门供货能力；核燃料真空阀及浓缩铀生产四大类国产化关键阀门总

体性能达到或超过进口产品水平，具备成套供货能力。“华龙一号”核一级稳压器快速卸压阀居国际领先水平，核二级主蒸汽隔离阀、CAP1400 系列关键阀门、安全壳延伸功能地坑阀等产品居国际先进水平，DN800 主蒸汽隔离阀获江苏省首台(套)重大装备产品认定。

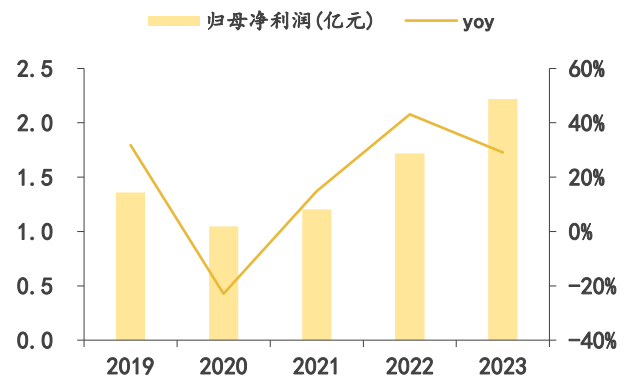
公司经营略有波动但整体稳健，核电、石化相关产品在在营收中占比较高，盈利能力较强。2023 年公司营业收入 18.10 亿元，同比增长 20.65%；实现归母净利润 2.22 亿元，同比增长 29.11%。2021-2023 年公司核电核化工产品营业收入分别为 3.31 亿元、4.32 亿元、6.19 亿元，毛利率分别为 18.26%、31.15%、30.40%；石油石化产品营业收入分别为 5.55 亿元、5.11 亿元、6.04 亿元，毛利率分别为 19.87%、14.81%、17.84%。

图46. 中核科技营业收入及增速（亿元）



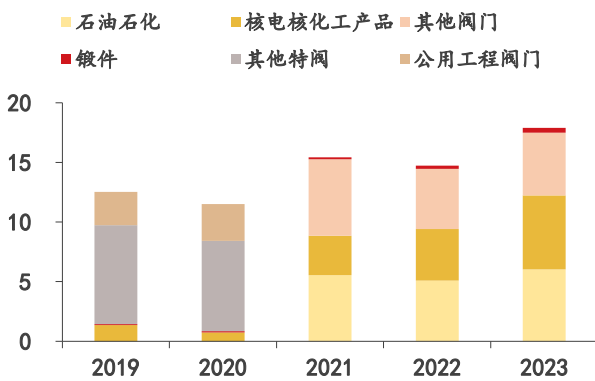
资料来源：公司公告，国投证券研究中心

图47. 中核科技归母净利润及增速（亿元）



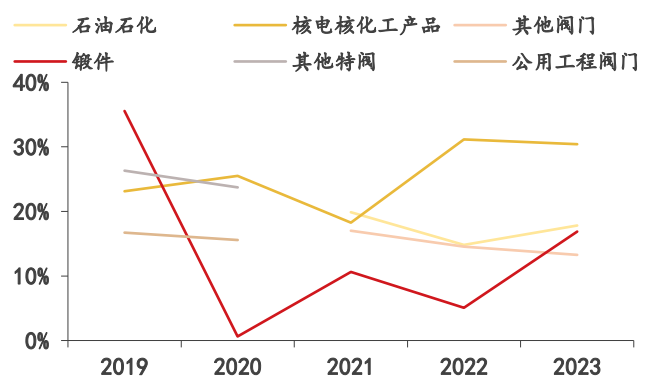
资料来源：公司公告，国投证券研究中心

图48. 中核科技营业收入构成（亿元）



资料来源：公司公告，国投证券研究中心
注：2021 年起，公司调整营业收入构成公告口径

图49. 中核科技分业务毛利率



资料来源：公司公告，国投证券研究中心
注：2021 年起，公司调整营业收入构成公告口径

5.3. 江苏神通：国内特种阀门骨干企业，产品业务持续拓展

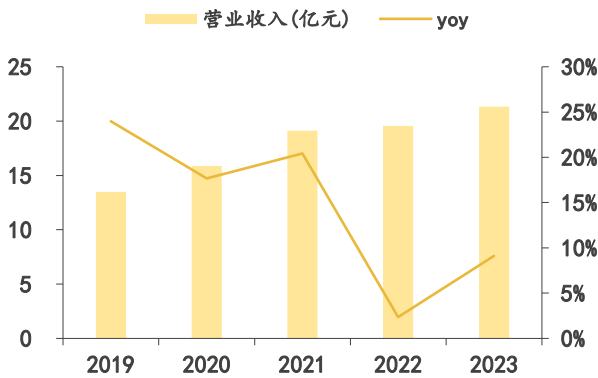
江苏神通成立于 2001 年，专业从事新型特种阀门研发、生产与销售，主要包括蝶阀、球阀、闸阀、截止阀、止回阀、调节阀、非标阀等七个大类 145 个系列 2000 多个规格，这些产品广泛应用于冶金、核电、火电、煤化工、石油和天然气集输及石油炼化等领域。公司冶金特种阀门主要应用于冶金行业的高炉煤气干法除尘与煤气回收等节能减排系统，产品国内市场占有率 70% 以上。

公司在核电领域的产品包括应用于核电站的核级蝶阀和球阀、核级法兰和锻件和应用于核化工领域的专用设备及阀门，是核级蝶阀、球阀产品国内主要供应商之一。在近十年的核电项目招标当中，公司中标率在 90% 以上。持续巩固老产品市场阵地的同时，公司持续扩展业务

领域，在线运行的各类核电阀门已超过 15 万台，总体使用情况良好；核级仪表阀、气动膜片和隔膜阀等公司近年研发的新产品，市场前景良好。

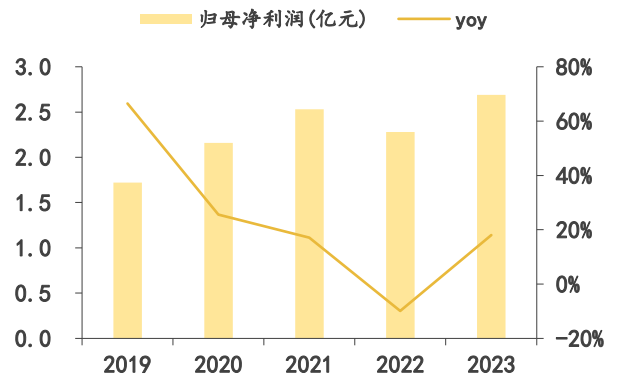
公司营收稳步增长，核电收入占比高、盈利能力强。2023 年公司实现营业收入 21.33 亿元，同比+9.10%，实现归母净利润 2.69 亿元，同比+18.16%。公司阀门产品主要应用于核电、节能环保、能源装备、冶金四大板块。其中核电板块收入占比最高，盈利能力最强。2023 年，公司核电行业收入 6.94 亿元，同比+10.49%，占公司营业收入 32.56%，毛利率 40.31%。

图50. 江苏神通营业收入及增速（亿元）



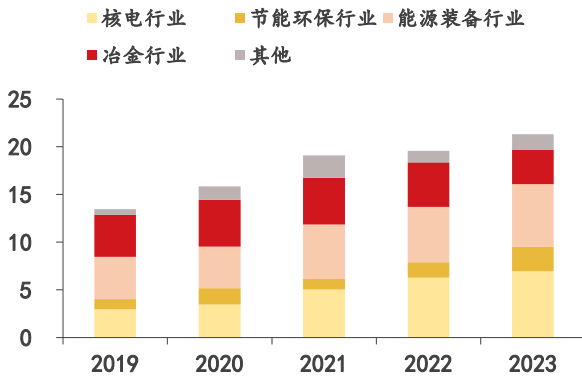
资料来源：公司公告，国投证券研究中心

图51. 江苏神通归母净利润及增速（亿元）



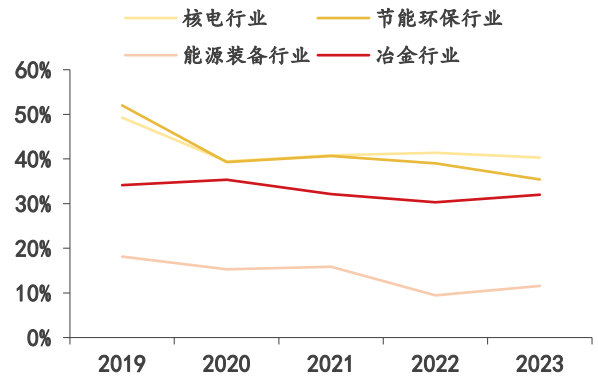
资料来源：公司公告，国投证券研究中心

图52. 江苏神通营业收入构成（亿元）



资料来源：公司公告，国投证券研究中心

图53. 江苏神通分业务毛利率



资料来源：公司公告，国投证券研究中心

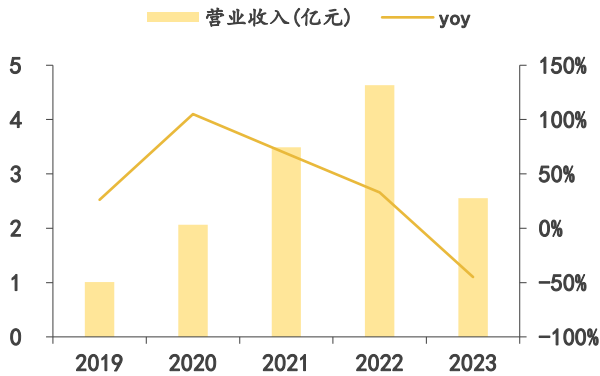
5.4. 景业智能：核心产品行业领先，专注核工业智能制造技术应用

景业智能专注并致力于智能制造技术在核工业中的应用，主要从事特种机器人及智能装备的研发、生产及销售，主要产品包括核工业系列机器人、核工业智能装备、非核专用智能装备等。深度绑定中核集团、中国航天科技集团、中国航天科工集团、中科院、中广核、全国各大高校等众多优质客户。同时，公司还为新能源电池、医药大健康等行业客户提供智能制造解决方案及特种装备。

公司自主研发的核工业系列机器人、核工业智能装备等产品主要应用于核燃料循环产业链，已成功应用于多个项目，为客户提高生产效率、提升系统可靠性、实现特殊环境下的机器换人等多个难题提供了系统解决方案。公司核心产品“核工业电随动机械手”和“核工业自动取样系统”连续两年获得了浙江省国内首台（套）产品的认定。

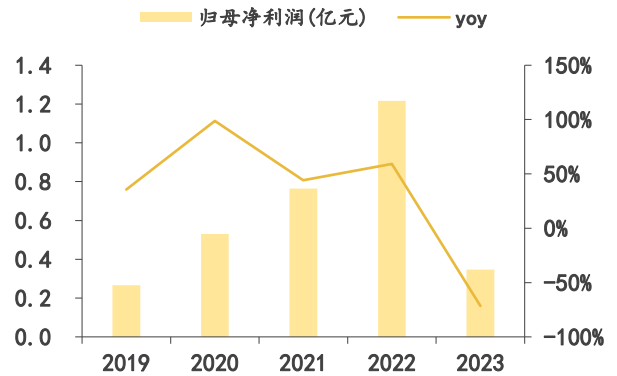
核工业领域营收占比大、毛利水平较高。2023 年公司实现营业收入 2.55 亿元, 同比-44.89%, 公司综合毛利率 47.84%, 实现归母净利润 0.35 亿元, 同比-71.47%。公司 2023 年面临全年营业收入、归属于上市公司股东的净利润大幅下滑的主要原因是大客户项目规划与项目交付验收减少等原因, 造成经营业绩产生较大波动, 同时为保障现有及后续项目订单交付, 人员成本、研发费用等持续投入, 期间费用未缩减。2023 年公司核工业类产品营业收入 2.36 亿元, 非核工业类产品营业收入 0.17 亿元, 两者毛利率分别为 47.44%、52.23%。

图54. 景业智能营业收入及增速 (亿元)



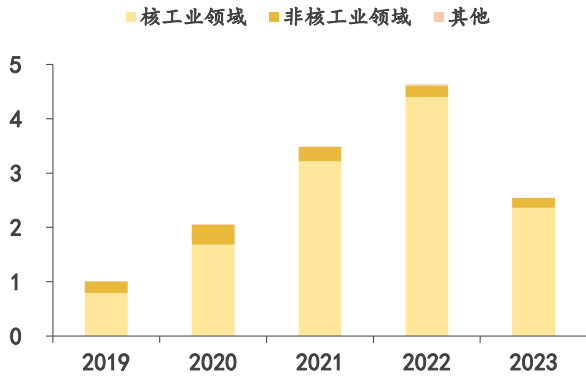
资料来源: 公司公告, 国投证券研究中心

图55. 景业智能归母净利润及增速 (亿元)



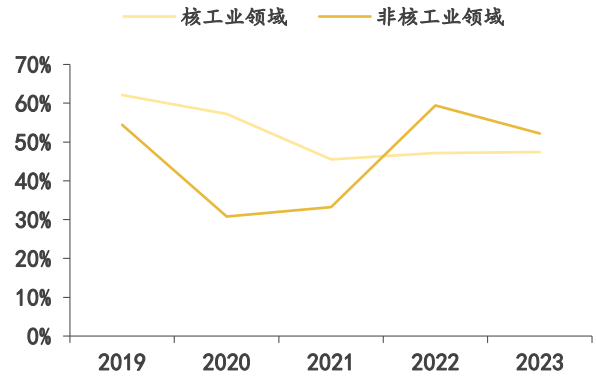
资料来源: 公司公告, 国投证券研究中心

图56. 景业智能营业收入构成 (亿元)



资料来源: 公司公告, 国投证券研究中心

图57. 景业智能分业务毛利率



资料来源: 公司公告, 国投证券研究中心

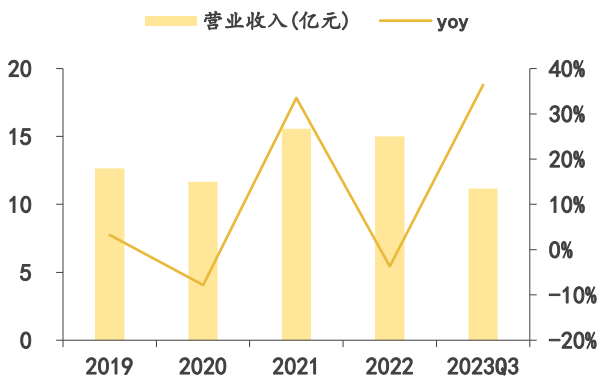
5.5. 海陆重工: 国内余热锅炉领域领先企业, 核电、节能环保业务持续拓展

海陆重工创建于 1956 年, 是国内一流节能环保设备的专业设计制造企业, 注重研究废热、余热利用和环境保护相结合的新技术研发, 自主设计能力居同行前列。目前已初步形成锅炉产品、大型压力容器、核电设备、低温产品、环保工程共同发展的业务格局。公司是国家干熄焦余热锅炉国家标准的起草、制定单位之一, 在转炉余热锅炉和有色冶炼余热锅炉等领域也始终保持市场领导地位。

公司自 1998 年起涉足核电领域, 而后取得民用核承压设备制造资格许可证。多年来, 公司在民用核能领域积累了丰富的制造和管理经验, 并完成多个项目的国际、国内首件(台)制造任务。服务堆型包括但不限于二代+堆型、三代堆型(华龙一号、国和一号、AP1000、VVER、EPR)、四代堆型(高温气冷堆、钠冷快堆、钍基熔盐堆)以及热核聚变堆(ITER)等, 涵盖了国内外的各核电机组。

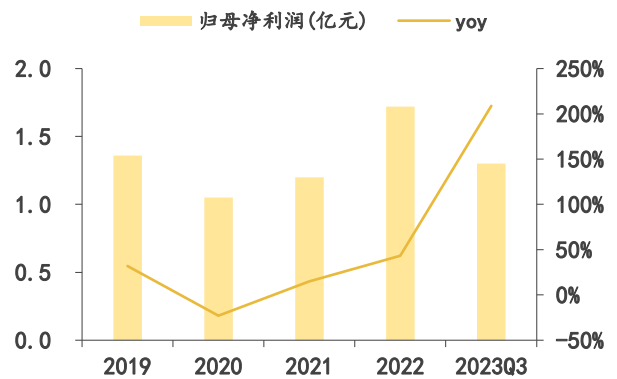
公司营收波动增长，利润水平近年来渐趋稳定，业务方面积极发展核电、环保、新能源等领域。2023年公司实现营业收入27.95亿元，同比+18.20%，公司综合毛利率25.49%，实现归母净利润3.40亿元，同比+1.08%。公司收入中，锅炉及相关配套产品和压力容器占比较高，2023年，锅炉及相关配套产品实现收入12.39亿元，占公司营业收入44.33%，压力容器产品实现收入9.51亿元，占公司营业收入34.02%。2021年以来公司核电产品稳步发展，2021-2023年分别实现营收0.34亿元、0.57亿元、0.80亿元，毛利率分别为24.44%、25.29%、30.52%，核电产品盈利能力高于公司平均水平。

图58. 海陆重工营业收入及增速（亿元）



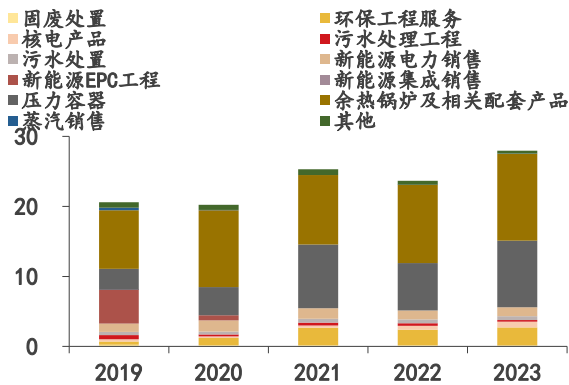
资料来源：公司公告，国投证券研究中心

图59. 海陆重工归母净利润及增速（亿元）



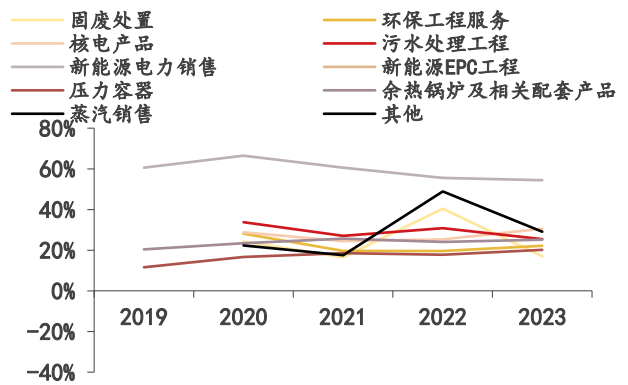
资料来源：公司公告，国投证券研究中心

图60. 海陆重工营业收入构成（亿元）



资料来源：公司公告，国投证券研究中心

图61. 海陆重工分业务毛利率



资料来源：公司公告，国投证券研究中心

5.6. 东方电气：能源装备龙头企业，核电装备制造国产化领域能力出色

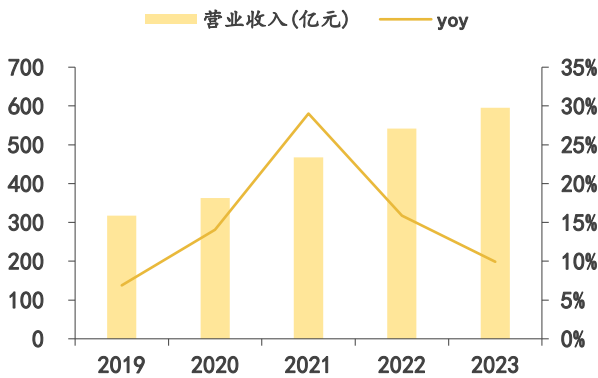
东方电气创立于1958年，肩负保障国家能源安全的重大责任，为我国提供了大约四分之一的能源装备，是全球最大的能源装备制造企业集团之一。当前，公司形成“六电并举、六业协同”的产业格局，“六电”分别为风电、太阳能、水电、核电、气电、煤电，“六业”包括高端石化装备产业、节能环保产业、工程与国际贸易产业、现代制造服务业、电力电子与控制产业、新兴产业，产品包括风电机组、太阳能发电设备、水电机组、核电机组、火电机组（燃气轮机发电、清洁高效煤电）、控制系统、环保设备、工业化工装备、氢能及燃料电池、储能装备、新材料等，致力于为客户提供能源装备、绿色低碳装备、高端智能装备于一体的综合能源解决方案。

东方电气在国内率先进入百万千瓦等级大型核电领域，2019年获得全国首张核蒸汽供应系统设备制造许可证，获得国家核安全局颁发的核1级设备（蒸汽发生器）设计许可证，成为国内首家具备该项资质的装备制造企业，至此东方电气已具备核1/2/3级设备完整设计资质。

具备批量化制造核电站核岛主设备和常规岛汽轮发电机组的成套供货能力，产品覆盖二代加、引进三代（EPR、AP1000）、自主三代（“华龙一号”、国和一号）、四代核电（钠冷快堆、高温气冷堆）、海上浮动平台模块化小堆等国内所有技术路线。

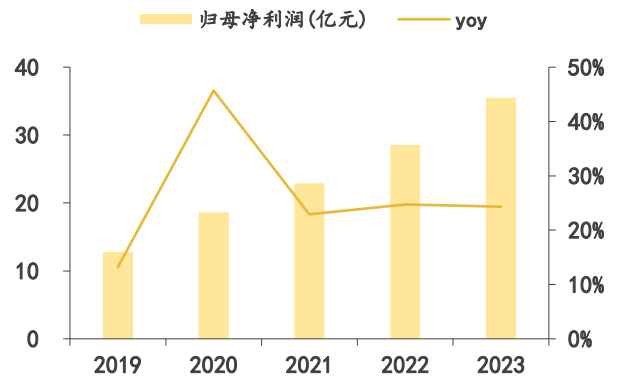
公司营收、利润稳步提升，财务表现优秀。2023年，公司实现营业收入595.67亿元，同比增长9.94%；实现归母净利润35.50亿元，同比增长24.37%。公司在清洁高效发电设备业务方面呈良好发展态势，2023年实现营收205.89亿元，同比+40.21%，毛利率为21.33%。其中，核电业务收入29.03亿元，同比+41.11%。

图62. 东方电气营业收入及增速（亿元）



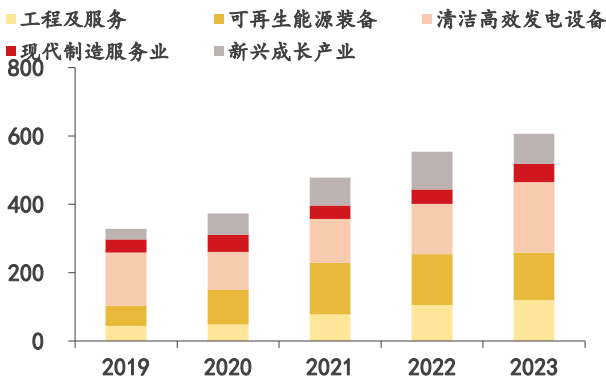
资料来源：公司公告，国投证券研究中心

图63. 东方电气归母净利润及增速（亿元）



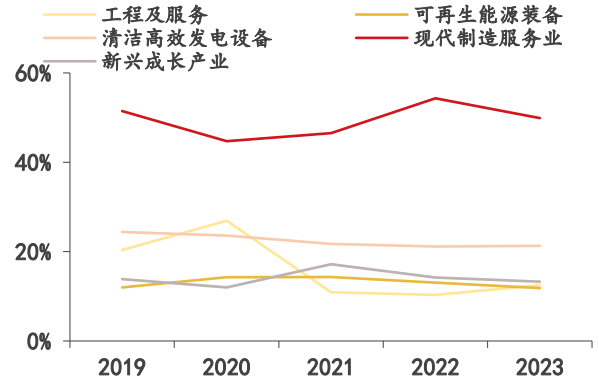
资料来源：公司公告，国投证券研究中心

图64. 东方电气营业收入构成（亿元）



资料来源：公司公告，国投证券研究中心

图65. 东方电气分业务毛利率



资料来源：公司公告，国投证券研究中心

6. 投资建议

推荐核电主泵电机供应商【佳电股份】，建议关注核电阀门供应商【中核科技】、【江苏神通】，核电工业机器人和智能装备供应商【景业智能】，核承压设备制造商【海陆重工】，国内大型能源装备制造制造商【东方电气】。

7. 风险提示

- 核电行业政策发生变动的风险

核电发展受到政府的审核、监管，若相关政策发生变化，将影响核电装机量。

- 核电项目建设进度不及预期的风险

核电项目建设通常周期较长，若出现工程问题，将导致核电建设进度延期，影响相关公司出货节奏。

- 核安全事故的风险

全球各国高度重视核安全利用，核事故出现的核泄漏造成的放射性会对人员和环境造成不可逆伤害，2011年福岛核事故导致各国发展核电态度谨慎。若发生核事故，将导致核电行业阶段性发展停滞。

目 行业评级体系

收益评级：

领先大市 —— 未来 6 个月的投资收益率领先沪深 300 指数 10%及以上；

同步大市 —— 未来 6 个月的投资收益率与沪深 300 指数的变动幅度相差-10%至 10%；

落后大市 —— 未来 6 个月的投资收益率落后沪深 300 指数 10%及以上；

风险评级：

A —— 正常风险，未来 6 个月的投资收益率的波动小于等于沪深 300 指数波动；

B —— 较高风险，未来 6 个月的投资收益率的波动大于沪深 300 指数波动；

目 分析师声明

本报告署名分析师声明，本人具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格，勤勉尽责、诚实守信。本人对本报告的内容和观点负责，保证信息来源合法合规、研究方法专业审慎、研究观点独立公正、分析结论具有合理依据，特此声明。

目 本公司具备证券投资咨询业务资格的说明

国投证券股份有限公司（以下简称“本公司”）经中国证券监督管理委员会核准，取得证券投资咨询业务许可。本公司及其投资咨询人员可以为证券投资人或客户提供证券投资分析、预测或者建议等直接或间接的有偿咨询服务。发布证券研究报告，是证券投资咨询业务的一种基本形式，本公司可以对证券及证券相关产品的价值、市场走势或者相关影响因素进行分析，形成证券估值、投资评级等投资分析意见，制作证券研究报告，并向本公司的客户发布。

目 免责声明

本报告仅供国投证券股份有限公司（以下简称“本公司”）的客户使用。本公司不会因为任何机构或个人接收到本报告而视其为本公司的当然客户。

本报告基于已公开的资料或信息撰写，但本公司不保证该等信息及资料的完整性、准确性。本报告所载的信息、资料、建议及推测仅反映本公司于本报告发布当日的判断，本报告中的证券或投资标的价格、价值及投资带来的收入可能会波动。在不同时期，本公司可能撰写并发布与本报告所载资料、建议及推测不一致的报告。本公司不保证本报告所含信息及资料保持在最新状态，本公司将随时补充、更新和修订有关信息及资料，但不保证及时公开发布。同时，本公司有权对本报告所含信息在不发出通知的情形下做出修改，投资者应当自行关注相应的更新或修改。任何有关本报告的摘要或节选都不代表本报告正式完整的观点，一切须以本公司向客户发布的本报告完整版本为准，如有需要，客户可以向本公司投资顾问进一步咨询。

在法律许可的情况下，本公司及所属关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券或期权并进行证券或期权交易，也可能为这些公司提供或者争取提供投资银行、财务顾问或者金融产品等相关服务，提请客户充分注意。客户不应将本报告为作出其投资决策的惟一参考因素，亦不应认为本报告可以取代客户自身的投资判断与决策。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见均不构成对任何人的投资建议，无论是否已经明示或暗示，本报告不能作为道义的、责任的和法律的依据或者凭证。在任何情况下，本公司亦不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任。

本报告版权仅为本公司所有，未经事先书面许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制、发表、转发或引用本报告的任何部分。如征得本公司同意进行引用、刊发的，需在允许的范围内使用，并注明出处为“国投证券股份有限公司研究中心”，且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和修改。

本报告的估值结果和分析结论是基于所预定的假设，并采用适当的估值方法和模型得出的，由于假设、估值方法和模型均存在一定的局限性，估值结果和分析结论也存在局限性，请谨慎使用。

国投证券股份有限公司对本声明条款具有惟一修改权和最终解释权。

国投证券研究中心

深圳市

地 址： 深圳市福田区福田街道福华一路 119 号安信金融大厦 33 楼

邮 编： 518046

上海市

地 址： 上海市虹口区东大名路 638 号国投大厦 3 层

邮 编： 200080

北京市

地 址： 北京市西城区阜成门北大街 2 号楼国投金融大厦 15 层

邮 编： 100034